

COMUNE DI STRA

(Provincia di Venezia)



RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI VILLA LOREDAN

Progetto esecutivo di completamento

Progetto:
Arch. Giorgio Galeazzo - Padova

R.U.P.:
Arch. Stefano Negrato - LL.PP. Comune di Stra

| | | | | | |
|--|---|------------|------------------------|-----------|------------------------|
| Redatto | Geom. Fabio Giorgetti | Verificato | Arch. Giorgio Galeazzo | Approvato | Arch. Giorgio Galeazzo |
| Commessa | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 0915-VLE | CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PARTE SECONDA: PRESCRIZIONI TECNICHE | | | | |
|  | Tavola n. | Scala | Data | Agg. | Nome file |
| | CSA-2 | | Ottobre 2015 | Rev.01 | SVL-PEC-CSA2.doc |

OPERE EDILI

INDICE

| | |
|--|----|
| Norme per la misurazione e valutazione dei lavori, qualità e provenienza dei materiali, indagini preliminari, modo di esecuzione di ogni categoria di lavoro | 4 |
| 1. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI | 4 |
| Art. 1.1 - Generalità | 4 |
| Art. 1.2 - Criteri di valutazione | 4 |
| Art. 1.3 - Opere edili in genere | 5 |
| Art. 1.4 - Interventi su solai, cordoli, architravi | 8 |
| Art. 1.5 - Rimozioni, demolizioni | 8 |
| Art. 1.6 - Opere specialistiche | 9 |
| Art. 1.7 - Impianti tecnologici | 9 |
| 2. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI | 10 |
| Art. 2.1 - Materiali in genere | 10 |
| Art. 2.2 - Sabbie, ghiaie, argille espanse, pomice, pietre naturali, marmi | 10 |
| Art. 2.3 - Acqua, calci, pozzolane, leganti idraulici, leganti idraulici speciali e leganti sintetici | 12 |
| Resine sintetiche | 13 |
| Art. 2.4 - Laterizi | 13 |
| Art. 2.5 - Materiali ferrosi e metalli vari | 14 |
| Art. 2.6 - Legnami | 14 |
| Art. 2.7 - Materiali per pavimentazioni | 14 |
| Art. 2.8 - Colori e vernici | 16 |
| Art. 2.9 - Materiali diversi | 17 |
| Art. 2.10 - Tubazioni | 20 |
| Art. 2.11 - Prodotti per la pulizia dei materiali porosi | 20 |
| Art. 2.12 - Prodotti impregnanti | 22 |
| Composti organici | 23 |
| Composti inorganici | 25 |
| Composti organici | 26 |
| Composti a base di silicio "Idrorepellenti protettivi siliconici" | 27 |
| Idrorepellenti | 27 |
| 3. INDAGINI PRELIMINARI AL PROGETTO DI CONSERVAZIONE | 28 |
| Art. 3.1 - Generalità | 28 |
| Art. 3.2 - Tecniche e strumenti | 29 |
| Generalità | 29 |
| Tecnologie non distruttive | 30 |
| Indagini non distruttive invasive | 32 |
| Tecnologie minimamente distruttive | 33 |
| Prove fisiche | 33 |
| Prove meccaniche | 34 |
| Art. 3.3 - Diagnosi e materiali | 34 |
| Art. 3.3.2 - Pietre, terrecotte, intonaci e malte: generalità | 34 |
| Art. 3.3.2.1 - Pietre | 35 |
| Primo livello | 35 |
| Secondo livello | 36 |
| Art. 3.3.2.2 - Terrecotte | 36 |
| Primo livello | 37 |
| Secondo livello | 37 |
| Art. 3.3.2.3 - Intonaci e malte | 38 |
| Primo livello | 39 |
| Secondo livello | 39 |
| Terzo livello | 40 |
| Art. 3.3.2.4 - Legni | 40 |
| Primo livello | 40 |
| Secondo livello | 41 |
| Art. 3.3.2.5 - Metalli | 42 |
| Art. 3.3.2.6 - Calcestruzzo | 43 |
| Art. 3.3.2.7 - Rivestimenti | 44 |
| Art. 3.4 - Indagini preliminari | 44 |

| | |
|---|-----|
| Art. 3.4.1.1 - Tecniche di misura dell'umidità..... | 45 |
| Misure del contenuto d'acqua | 46 |
| Misure di temperatura dell'aria | 47 |
| Art. 3.4.2 - Indagini preliminari all'intervento di conservazione | 48 |
| Art. 3.4.3 - Studio dei materiali in situ..... | 49 |
| Art. 3.4.4 - Prove preliminari all'intervento di consolidamento dei materiali..... | 50 |
| Art. 3.4.5 - La restituzione grafica | 50 |
| Art. 3.4.6 - Operazioni preliminari al progetto impiantistico | 51 |
| Art. 3.4.6.2 - Rilievi | 51 |
| Art. 3.4.6.3 - Valutazioni sulle modalità di intervento | 52 |
| 4. MODI DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO | 52 |
| Art. 4.1 - Lavori preliminari | 52 |
| Ponteggi in legno fissi | 55 |
| Ponteggi a sbalzo | 56 |
| Ponteggi metallici a struttura scomponibile | 56 |
| Puntelli: interventi provvisori | 56 |
| Travi come rinforzi provvisori o permanenti | 56 |
| Art. 4.2 - Pulitura dei materiali | 56 |
| Art. 4.3 - Consolidamento dei materiali | 62 |
| Metodi applicativi..... | 63 |
| Art. 4.4 - Protezione dei materiali | 64 |
| Art. 4.5 - Lavori di fondazione | 66 |
| Art. 4.6 - Malte e conglomerati | 69 |
| Art. 4.7 - Murature e strutture verticali - Lavori di costruzione | 74 |
| Art. 4.8 - Murature e strutture verticali - Lavori di conservazione | 78 |
| Art. 4.9 - Consolidamento delle murature | 81 |
| Art. 4.10 - Strutture orizzontali o inclinate, solai, volte e coperture - Lavori di costruzione | 85 |
| Art. 4.11 - Strutture orizzontali o inclinate - Solai, volte e coperture - Demolizioni, sostituzioni e collegamenti | 88 |
| Materiali e tipologie | 92 |
| Messa in opera | 92 |
| Valutazione del rischio di rilascio di fibre | 93 |
| Metodi di bonifica | 93 |
| Art. 4.12 - Consolidamento di lastre da rivestimento | 94 |
| Art. 4.13 - Consolidamento e conservazione di strutture e manufatti in legno | 96 |
| Connessione puntiforme | 99 |
| Connessione continua | 99 |
| Art. 4.14 - Consolidamento e conservazione di strutture e manufatti in metallo | 102 |
| Pulitura | 104 |
| Trattamenti inibitori di corrosione e consolidanti | 104 |
| Metodo per la preparazione ed eventuale condizionamento delle superfici | 104 |
| Rivestimenti protettivi e cicli di pitturazione | 107 |
| Sistemi all'olio di lino..... | 108 |
| Sistemi al clorocaucciù | 108 |
| Sistemi fenolici | 109 |
| Sistemi epossidici | 109 |
| Sistemi vinilici | 110 |
| Sistemi poliuretanici | 111 |
| Cicli di pitturazione eterogenei | 111 |
| Selezione dei cicli di pitturazione in funzione dei diversi casi di esposizione | 112 |
| Art. 4.15 - Consolidamento di volte in muratura | 113 |
| Art. 4.16 - Pavimenti e rivestimenti..... | 114 |
| Art. 4.17 - Pavimenti e rivestimenti, interventi di conservazione | 118 |
| Art. 4.18 - Intonaci e decorazioni, interventi di conservazione | 122 |
| Pulitura | 125 |
| Consolidamento | 126 |
| Protezione | 126 |
| Art. 4.19 - Impermeabilizzazioni..... | 126 |
| Art. 4.20 - Tecniche di eliminazione dell'umidità | 128 |
| Art. 4.21 - Opere in legname | 136 |
| Art. 4.22 - Opere in ferro | 138 |

| | |
|--|-----|
| Art. 4.23 - Opere da vetraio, stagnaio, lattoniere | 139 |
| Art. 4.24 - Opere da pittore | 140 |
| Art. 4.25 Impianti ascensore | 142 |

Norme per la misurazione e valutazione dei lavori, qualità e provenienza dei materiali, indagini preliminari, modo di esecuzione di ogni categoria di lavoro

1. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art. 1.1 - Generalità

Il presente elenco prezzi costituisce la descrizione ovvero i limiti di fornitura corrispondenti ai prezzi di applicazione indicati.

I prezzi riportati si riferiscono a lavori eseguiti applicando la miglior tecnica, idonea mano d'opera e materiali di ottima qualità in modo che i manufatti, le somministrazioni e prestazioni risultino complete e finite a regola d'arte in relazione alle tavole progettuali ed alle migliori spiegazioni che la Direzione Lavori vorrà esplicitare.

1. L'elenco dei prezzi unitari in base ai quali, dedotto il ribasso contrattuale, saranno pagati i lavori appaltati, riguarda le opere compiute ed elencate qui di seguito.

I prezzi unitari assegnati dall'elenco dei prezzi a ciascun lavoro e/o somministrazione, comprendono e, quindi, compensano ogni opera, materia e spesa principale e accessoria, provvisoria o effettiva che direttamente o indirettamente concorra al compimento del lavoro a cui il prezzo si riferisce sotto le condizioni di contratto e con i limiti di fornitura descritti.

2. Tutti i materiali saranno della migliore qualità nelle rispettive categorie, senza difetti e in ogni caso con qualità e pregi uguali o superiori a quanto descritto nel presente elenco. La provenienza dei singoli materiali sarà liberamente scelta dall'Appaltatore, purché non vengano manifestati espliciti rifiuti dalla Direzione Lavori.

I materiali forniti saranno rispondenti a tutte le prescrizioni del presente elenco prezzi nonché a tutte le leggi vigenti in materia ovvero alle norme UNI in vigore al momento della fornitura.

3. Per la esecuzione di categorie di lavoro non previste si potrà provvedere alla determinazione di nuovi prezzi ovvero si procederà in economia, con operai, mezzi d'opera e provviste fornite dall'Appaltatore e contabilizzate a parte. In tal caso le eventuali macchine ed attrezzi dati a noleggio saranno in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari al loro perfetto funzionamento.

4. L'Appaltatore sarà responsabile della disciplina del cantiere per quanto di sua competenza e si obbliga a far osservare dal suo personale tecnico e/o dai suoi operai le prescrizioni e gli ordini ricevuti. L'appaltatore sarà in ogni caso responsabile dei danni causati da imperizia e/o negligenza di suoi tecnici e/o operai.

5. I lavori saranno contabilizzati a misura seguendo gli usuali criteri di misura per ogni categoria di lavoro e applicando i prezzi unitari di cui al presente elenco: in tali prezzi, al netto del ribasso d'asta, si intendono compresi la necessaria assistenza tecnica nonché tutti gli obblighi ed oneri generali e speciali precisati nel presente elenco e nel contratto di fornitura.

Saranno invece valutati in economia tutti i lavori che, per natura, dimensione, difficoltà esecutiva od urgenza, non saranno suscettibili di misurazione. Questi lavori saranno preventivamente riconosciuti come tali (da eseguirsi cioè in economia) e concordati a priori.

6. Tutte le opere saranno eseguite dall'Appaltatore secondo le migliori Regole d'Arte e di prassi di cantiere nonché in perfetta conformità alle istruzioni impartite dalla Direzione Lavori.

7. L'Appaltatore si impegna a garantire assistenza tecnica e disponibilità alla esecuzione di lavori di qualsiasi tipo o natura anche in periodo di ferie o festivi.

Art. 1.2 - Criteri di valutazione

Qualora non sia diversamente indicato nelle singole voci, la quantità delle opere sarà valutata con metodi geometrici oppure a peso secondo le seguenti specifiche generali.

Ponteggi e puntellazioni - I ponteggi esterni ed interni di altezza sino a m 4,50 dal piano di posa si intendono sempre compensati con la voce di elenco prezzi relativa al lavoro che ne richieda l'installazione. Ponteggi di maggior altezza, quando necessari, si intendono compensati a parte, una sola volta, per il tempo necessario alla esecuzione delle opere di riparazione, conservazione, consolidamento, manutenzione.

Trasporti - I trasporti di terre o altro materiale sciolto verranno valutati in base al volume prima dello scavo, per le materie in cumulo prima del carico su mezzo senza tener conto dell'aumento di volume all'atto dello scavo o del carico, oppure a peso con riferimento alla distanza. Qualora non sia diversamente precisato in contratto, sarà compreso il carico e lo scarico dei materiali ed ogni spesa per dare il mezzo di trasporto in piena efficienza.

Noleggi - Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine. I prezzi di noleggio di meccanismi in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo prestabilito.

Nel prezzo di noleggio sono compresi gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento di detti meccanismi.

Per il noleggio di cani ed autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perdita di tempo.

Scavi e rinterrati - Oltre agli obblighi particolari emergenti dalle voci di elenco si devono ritenere compensati tutti gli oneri

- per taglio di piante, estirpazioni di ceppaie, radici ecc.;
- per taglio e scavo con qualsiasi mezzo delle materie, sia asciutte che bagnate, in presenza d'acqua e di qualsiasi consistenza;
- per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico in rilevato o interrato, od a rifiuto, a qualsiasi distanza, per sistemazione delle materie a rifiuto, per deposito provvisorio e successiva ripresa e reimpiego a sistemazione definitiva, per ogni indennità di deposito temporaneo o definitivo;
- per regolarizzazione delle scarpate o pareti, per spianamenti del fondo, per formazione di gradoni, per successivo reinterro all'ingiro delle murature, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere e sopra le fognature ed i drenaggi, secondo le sagome definite di progetto;
- per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

Gli scavi saranno:

- a) di sbancamento, qualora l'allontanamento delle materie scavate possa effettuarsi senza l'ausilio di mezzi di sollevamento;
- b) a sezione obbligata, qualora invece lo scavo venga effettuato in profondità a partire dalla superficie del terreno naturale o dal fondo di un precedente scavo di sbancamento e comporti un sollevamento verticale per la eliminazione dei materiali scavati;
- c) a sezione ristretta, qualora si abbia uno scavo di sbancamento con una larghezza uguale o inferiore all'altezza di scavo.

Gli scavi di sbancamento si misureranno con il metodo delle sezioni ragguagliate, tenendo conto del volume effettivo in loco escludendo cioè l'aumento delle materie scavate.

Negli scavi a sezione obbligata e ristretta il volume si ricaverà moltiplicando l'area di fondo scavo per la profondità del medesimo, valutato nel punto più depresso non franato del perimetro; la parte che eccede il volume così calcolato sarà considerato scavo di sbancamento; in nessun caso si valuterà il maggior volume derivato da smottamento di pareti di scavo.

Nel caso di scampanature praticate nella parte inferiore degli scavi, i relativi volumi verranno misurati geometricamente, scomponendo i volumi stessi in figure elementari semplici ovvero applicando il metodo delle sezioni ragguagliate.

Per gli scavi che necessitano di sbadacchiature, paratie e simili, le dimensioni per il calcolo dei volumi comprendono anche lo spessore del legname d'armatura.

Gli scavi subacquei verranno pagati al mc secondo le precedenti modalità con appositi sovrapprezzi relativamente alle zone sommerse a partire dal piano orizzontale posto a quota m 0,20 sotto il livello normale dell'acqua, procedendo verso il basso.

Nel caso in cui l'Appaltatore provvederà a far eseguire i prosciugamenti, sarà pagato a parte il nolo della motopompa.

Paratie di calcestruzzo armato - Saranno valutate per la loro superficie misurata tra le quote di imposta delle stesse paratie e la quota di testata della trave superiore di collegamento.

Nel prezzo sono compresi tutti gli oneri per la trivellazione, la fornitura ed il getto del calcestruzzo, la fornitura e posa dei ferri d'armatura, la realizzazione e successiva demolizione delle corree di guida nonché la scapicozzatura, la formazione della trave superiore di collegamento, l'impiego di fanghi bentonitici, l'allontanamento dal cantiere di tutti i materiali di risulta e gli spostamenti dei mezzi d'opera e delle attrezzature.

Art. 1.3 - Opere edili in genere

Calcestruzzi, ferro, ferro per C.A. - I conglomerati per strutture in C.A. si valuteranno a volume effettivo, senza cioè detrazione per il volume occupato dalle armature. La valutazione delle armature verrà effettuata a peso, sia con pesatura diretta degli elementi lavorati a disegno sia applicando alle lunghezze degli elementi stessi i pesi unitari relativi. Le casseforme si valuteranno al vivo delle strutture da gettare.

Nei prezzi di elenco dei conglomerati armati sono anche compresi e compensati i palchi provvisori di servizio, l'innalzamento dei materiali, (qualunque sia l'altezza alla quale l'opera in cemento armato dovrà essere costruita), il getto con l'eventuale uso di pompa e la vibratura. Saranno anche compensate la piccola armatura di sostegno per altezza non superiore a m 3,5 oltre i quali si applicherà un apposito prezzo.

Massetti, vespai - Le opere verranno valutate a volume effettivo ad eccezione del vespaio areato in laterizio da pagarsi a superficie effettiva.

I massetti ed i sottofondi verranno valutati a superficie per uno spessore predeterminato ovvero per mq e per cm di spessore.

Pavimenti - I pavimenti, di qualunque genere, saranno valutati per la superficie vista tra le pareti intonacate dell'ambiente. Nella misura non sarà perciò compresa l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco.

I prezzi di elenco per ciascun genere di pavimento comprendono l'onere per la fornitura dei materiali e per ogni operazione intesa a dare i pavimenti stessi completi e rifiniti, escluso il sottofondo che verrà invece pagato a parte.

In ciascuno dei prezzi concernenti i pavimenti, anche nel caso di sola posa in opera, si intendono compresi gli oneri, le spese di ripristino e di raccordo con gli intonaci, qualunque possa essere l'entità delle opere stesse.

Murature in genere - Le opere in muratura verranno in generale misurate al vivo (escludendo lo spessore degli intonaci) con l'applicazione di metodi geometrici a volume o a superficie come indicato nelle singole voci. Nelle murature di spessore superiori a cm 15 da misurarsi a volume, si detrairanno i vuoti per incassi larghi cm 40 per qualsiasi profondità e lunghezza, nonché per incassi a tutto spessore la cui sezione verticale retta abbia superficie superiore a mq 1. Le murature di spessore fino a cm 15 si misureranno a superficie effettiva con la sola detrazione di vuoti aventi superficie superiore a mq 1. Nei prezzi unitari delle murature di qualsiasi genere, qualora non debbano essere eseguite con paramento di faccia a vista, si intende compreso il rinzafo delle facce visibili dei muri. Tale rinzafo sarà sempre eseguito, ed è compreso nel prezzo unitario, anche a tergo dei muri che debbono poi essere caricati a rettapieni. Per questi ultimi muri è pure sempre compresa l'eventuale formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte per lo scolo delle acque e in generale delle immorsature e la costruzione di tutti gli incastri per la posa in opera della pietra da taglio artificiale.

Nei prezzi sono compresi gli oneri per la formazione di spalle, sguinci, spigoli, incassature per imposte di archi, piattabande e formazione di feritoie per scolo di acqua o ventilazione.

Saranno valutate con i prezzi delle murature rettilinee senza alcun compenso in più, anche quelle eseguite ad andamento planimetrico curvilineo.

Le ossature di cornici, cornicioni, lesene, pilastri, ecc., di aggetto superiore a cm 5 sul filo esterno del muro saranno valutate per il loro volume effettivo in aggetto con l'applicazione dei prezzi di tariffa stabiliti per le murature. Per le ossature di aggetto inferiore o uguale a cm 5 non verrà applicato alcun sovrapprezzo.

Quando la muratura in aggetto è diversa da quella del muro sul quale insiste, la parte incastrata sarà considerata come della stessa specie del muro stesso. Le murature di mattoni ad una testa o in foglio si misureranno a vuoto per pieno, al rustico, deducendo soltanto le aperture superiori a mq 1, intendendo nel prezzo compensata la formazione di sordini, piattabande, spalle, ecc., nonché eventuali intelaiature in legno che la D.L. ritenesse opportuno di ordinare allo scopo di fissare i serramenti al telaio, anziché alla parete.

Murature ed opere in pietra naturale da taglio - La pietra da taglio da pagarsi a volume sarà sempre valutata a metro cubo in base al volume del primo parallelepipedo retto circoscrivibile a ciascun pezzo. Le lastre, i lastroni e gli altri manufatti da pagarsi a superficie saranno valutati in base alla somma del minimo rettangolo circoscrivibile. Per le categorie da misurarsi a sviluppo lineare, questo andrà misurato in opera secondo misure a vista. Per le pietre di cui una parte viene lasciata grezza si comprenderà anche questa nella misurazione, non tenendo però alcun conto delle eventuali maggiori sporgenze della parte non lavorata in confronto con le dimensioni assegnate dai tipi descritti.

Nei prezzi relativi di elenco si intendono sempre compresi tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

Rivestimenti - I rivestimenti saranno misurati (esclusi quelli in pietra naturale) secondo la superficie effettivamente vista qualunque sia la sagoma e la posizione delle pareti da rivestire. Nel prezzo a mq sono comprese la fornitura e la posa in opera di tutti i pezzi speciali di raccordo, gusci, angoli ecc., che saranno computati nella misurazione, nonché l'onere per la stuccatura finale dei giunti e la preventiva preparazione con malta delle pareti da rivestire.

Fornitura di marmi, pietre naturali o artificiali - I prezzi per la fornitura di marmi e pietre naturali o artificiali si applicheranno alle superfici effettive dei materiali una volta posti in opera.

Nello specifico i prezzi indicati in elenco comprenderanno gli oneri per la fornitura, lo scarico nell'ambito del cantiere, il deposito e la provvisoria protezione in deposito, la ripresa, il successivo trasporto ed il sollevamento al piano di lavoro dei materiali a qualsiasi altezza, con eventuale protezione, copertura e fasciatura, per ogni successivo sollevamento e per ogni ripresa con boiaccia di cemento o altro materiale, per la fornitura di grappe, regoli, staffe, perni, chiavette, lastre di piombo, viti, tasselli, supporti e/o telai metallici occorrenti per il fissaggio, per ogni lavorazione occorrente alle strutture murarie e per la successiva chiusura, stuccatura e sigillatura del supporto murario e dei giunti, per la completa ed accurata pulitura, per la protezione a mezzo di opportune opere provvisorie dei manufatti già posti in opera. Saranno compresi e compensati nel prezzo anche gli oneri dell'imbottitura dei vani dietro ai pezzi stessi o comunque tra le pietre e le opere murarie da rivestire in modo da eseguire collegamenti ed incastri a perfetta Regola d'Arte.

Intonaci - I prezzi degli intonaci saranno applicati alla superficie intonacata senza tener conto delle superfici laterali di risalti, lesene e simili. Tuttavia saranno valutate anche tali superfici laterali quando la loro larghezza superi cm 5. Varranno sia per superfici piane che curve.

I prezzi dell'elenco valgono anche per intonaci su murature di mattoni forati dello spessore maggiore di una testa, essendo essi comprensivi dell'onere dell'intasamento dei fori dei laterizi.

Gli intonaci interni sui muri di spessore maggiore di cm 15 saranno computati a vuoto per pieno, a compenso dell'intonaco nelle riquadrature dei vani, che non saranno perciò sviluppate. Tuttavia saranno detratti i vani di superficie maggiore a mq 4, valutando a parte la riquadratura di detti vani.

Gli intonaci interni su tramezzi in foglio o ad una testa saranno computati per la loro superficie effettiva; dovranno essere pertanto detratti tutti i vuoti di qualunque dimensione essi siano, ed aggiunte le loro riquadrature.

Le superfici di intradosso delle volte, di qualsiasi monta e forma, verrà determinata moltiplicando la superficie della loro proiezione orizzontale per il coefficiente 1,20.

Serramenti in legno - Gli infissi come porte, finestre, vetrate, coprirulli e simili si valuteranno a superficie che verrà misurata su una sola faccia secondo le dimensioni esterne del telaio fisso, siano essi semplici o a cassettoni, senza tener conto degli zampini da incassare nei pavimenti o soglie. Analogamente si misureranno a superficie con lo stesso criterio, le pareti mobili. Le parti centinate saranno valutate secondo la superficie del minimo rettangolo circoscritto, ad infisso chiuso compreso il telaio maestro se esistente. Compresse e compensate nel prezzo saranno mostre e contromostre. Misure a spessori indicati nelle voci a tariffa debbono risultare a lavoro compiuto. Tutti i serramenti dovranno essere completi della ferramenta di sostegno e di chiusura, delle codette a muro, pomoli, maniglie e di ogni altro accessorio occorrente per il loro buon funzionamento, nonché di una mano di olio di lino cotto, quando non siano altrimenti lucidati o verniciati. Dovranno corrispondere in ogni particolare ai campioni approvati dalla Direzione Lavori.

I prezzi in elenco comprendono la fornitura a piè d'opera del manufatto e dei relativi accessori di cui sopra, l'onere dello scarico e del trasporto sino ai singoli vani di destinazione e la posa in opera. Superfici unitarie non inferiori a mq 1,50.

Serramenti in alluminio - Gli infissi di alluminio, come finestre, vetrate di ingresso, porte, pareti a facciate continue saranno valutati a singolo elemento (cadauno) o a metro quadro di superficie misurata all'esterno delle mostre e coprifili e compensati con le rispettive voci d'elenco. Nei prezzi sono compresi i controtelai da murare, le ferramenta e le eventuali pompe a pavimento per la chiusura automatica delle vetrate, nonché tutti gli oneri derivanti dall'osservanza delle norme e prescrizioni contenute nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. Superfici unitarie non inferiori a mq 1,50.

Opere in ferro - Tutti i lavori in metallo saranno in generale valutati a peso, questo si intenderà riferito al manufatto dato completo in opera con la esclusione degli sfridi.

I serramenti metallici verranno valutati a superficie e misurati su una sola faccia secondo le dimensioni del perimetro esterno.

Superfici unitarie non inferiori a mq 1,75.

Opere in vetro - Saranno valutate riferendosi alle superfici effettive di ciascun elemento all'atto della posa in opera. Per gli elementi non rettangolari si assume come superficie quella del minimo rettangolo circoscrivibile.

Il prezzo è comprensivo del mastice, dei siliconi, delle punte per il fissaggio, delle lastre e delle eventuali guarnizioni in gomma, prescritte per i telai in ferro.

Superfici unitarie non inferiori a mq 0,5.

Opere da pittore - Le tinteggiature interne ed esterne per pareti e soffitti saranno in generale misurate con le stesse norme sancite per gli intonaci.

Per la coloritura o verniciatura degli infissi e simili si osserveranno le norme seguenti:

- a) per le porte, bussole e simili, (x 2) si computerà due volte la luce netta dell'infisso oltre alla mostra e allo sguincio, se ci sono, non detraendo l'eventuale superficie di vetro. E compresa con ciò anche la verniciatura del telaio per muri grossi e del cassettoncino tipo romano per tramezzi o dell'imbotte tipo lombardo, pure per tramezzi. La misurazione della mostra o dello sguincio sarà eseguita in proiezione su piano verticale parallelo a quello medio della bussola (chiusa) senza tener conto di sagome, risalti o risvolti;
- b) per le finestre senza persiane, (x 3) ma con controsportelli, si computerà tre volte la luce netta dell'infisso, essendo così compensata anche la coloritura dei controsportelli e del telaio (o cassettone);
- c) per le finestre senza persiane e senza controsportelli, (x 1) si computerà una volta sola la luce netta dell'infisso, comprendendo con ciò anche la coloritura della soglia e del telaio (o cassettone);
- d) per le persiane comuni, (x 3) si computerà tre volte la luce netta dell'infisso, comprendendo con ciò anche la coloritura del telaio;
- e) per le persiane avvolgibili, (x 2,50) si computerà due volte e mezzo la luce netta dell'infisso, comprendendo con ciò anche la coloritura del telaio ed apparecchio a sporgere, salvo il pagamento a parte della coloritura del cassettoncino coprirullo;
- f) per le opere inferro semplici, (x 0,75) e senza ornati, quali finestre grandi a vetrate e lucernari, serrande avvolgibili a maglia, infissi di vetrine per negozi, saranno valutati per tre quarti della loro superficie complessiva, misurata sempre in proiezione, ritenendo così compensata la coloritura dei sostegni, grappe e simili accessori, dei quali non si terrà conto alcuno nella misurazione;

- g) per le opere in ferro di tipo normale a disegno, (x 1) quali ringhiere, cancelli anche riducibili, inferriate e simili, sarà computata una volta l'intera loro superficie, misurata con le norme e con le conclusioni di cui alla lettera precedente;
- h) per le opere in ferro ornate, (x 1,5) cioè come alla lettera precedente, ma con ornati ricchissimi, nonché per le pareti metalliche e le lamiere stirate, sarà computata una volta e mezzo la loro superficie misurata come sopra;
- i) per le serrande da bottega, (x 3) in lamiera ondulata o ad elementi di lamiera, sarà computata tre volte la luce netta del vano, misurato in altezza, tra la soglia e la battitura della serranda, intendendo con ciò compensato anche la coloritura della superficie non in vista;
- l) i radiatori dei termosifoni saranno pagati ad elemento, indipendentemente dal numero delle colonne di ogni elemento e dalla loro altezza.

Tutte le coloriture o verniciature si intendono eseguite su ambo le facce e con i rispettivi prezzi di elenco si intende altresì compensata la coloritura, o verniciatura di nottole, braccioletti e simili accessori.

Art. 1.4 - Interventi su solai, cordoli, architravi

Solai - I solai interamente in cemento armato (senza laterizi) saranno valutati al metro cubo come ogni altra opera in cemento armato.

Ogni altro tipo di solaio, qualunque sia la forma, sarà invece pagato al metro quadro di superficie netta misurato all'interno dei cordoli e delle travi di calcestruzzo, esclusi, quindi, la presa e l'appoggio su cordoli perimetrali o travi di calcestruzzo o su eventuali murature portanti. Nei prezzi dei solai è compreso l'onere per lo spianamento superiore della caldana, nonché ogni opera e materiale occorrenti per dare il solaio completamente finito, come prescritto dalle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. Nel prezzo dei solai di tipo prefabbricato, misti di cemento armato, anche predalles o di cemento armato precompresso e laterizi, sono escluse la fornitura, la lavorazione e la messa in opera del ferro d'armatura; è invece compreso il noleggio delle casseforme e delle impalcature di sostegno di qualsiasi forma ed entità, con tutti gli oneri specificati per le casseforme dei cementi armati. Il prezzo a metro quadro dei suddetti solai si applicherà senza alcuna maggiorazione anche a quelle porzioni in cui, per resistere a momenti negativi, il laterizio venga sostituito da calcestruzzo. Saranno pagati a parte tutti i cordoli perimetrali relativi ai solai stessi.

Solai inclinati - Le coperture in genere saranno computate a metro quadrato, misurando geometricamente in proiezione orizzontale la superficie delle falde del tetto senza alcuna deduzione dei vani per fumaio, lucernari ed altre parti sporgenti dalla copertura, purché non eccedenti ciascuna la superficie di mq 2, nel qual caso di debbono dedurre per intero. Non si terrà conto delle sovrapposizioni e ridossi dei giunti.

Manto di copertura - Le riparazioni saranno computate a metro quadrato, misurando geometricamente le superfici delle falde del tetto, senza alcuna deduzione dei vani per fumaio, lucernari ed altre parti sporgenti dalla copertura, purché non eccedenti ciascuna la superficie di mq 2, nel qual caso di debbono dedurre per intero.

Lattonerie - Le opere da lattoniere quali, canali di gronda, scossaline, converse, pluviali, saranno misurate a peso. Nel prezzo sarà compresa la fornitura di cicogne, tiranti, grappe, cravatte, collari.

I tubi in ghisa si valuteranno a peso; i tubi in PVC, cemento amianto, cemento, grès ceramico, saranno valutate a ml.

Coibentazioni - Verranno valutate a superficie o volume a seconda delle indicazioni delle singole voci, con detrazione dei vuoti e delle zone non protette con superficie superiore a mq 0,5.

Impermeabilizzazioni - Le impermeabilizzazioni saranno valutate a superficie effettiva con detrazione dei vuoti o delle parti non impermeabilizzate con superficie singola superiore a mq 0,5.

Canne fumarie - Le opere saranno valutate al metro lineare e per sezione come indicato nelle singole voci.

Controsoffitti - I controsoffitti si misureranno secondo le effettive superfici di applicazione, senza tenere conto dei raccordi curvi coi muri perimetrali. Nei prezzi saranno compresi e compensati tutte le armature, forniture, magisteri e mezzi d'opera per dare i controsoffitti finiti come da capitolato.

Art. 1.5 - Rimozioni, demolizioni

Nei prezzi relativi a lavori che comportino demolizioni, anche parziali, deve intendersi sempre compensato ogni onere per il recupero del materiale riutilizzabile e per il carico e trasporto a rifiuto di quello non riutilizzabile.

Demolizione di murature - Saranno in genere pagate a me di muratura effettivamente demolita, comprensiva degli intonaci e rivestimenti a qualsiasi altezza. Sarà fatta deduzione di tutti i fori pari o superiori a mq 2.

Le demolizioni in breccia saranno considerate tali quando il vano utile da ricavare non superi la superficie di mq 2, ovvero, in caso di demolizione a grande sviluppo longitudinale, quando la larghezza non superi i cm 50.

Demolizione di tramezzi - Saranno valutati secondo la superficie effettiva dei tramezzi o delle parti di essi demolite, comprensive degli intonaci o rivestimenti. Sarà fatta deduzione di tutti i vani con superficie pari o superiore a mq 2.

Demolizione di intonaci e rivestimenti - Gli intonaci demoliti a qualsiasi altezza, saranno computati secondo la superficie reale, dedotti i vani di superficie uguale o superiore a mq 2, misurata la luce netta, valutando a parte la riquadratura di detti vani, solo nel caso in cui si riferiscano a murature di spessore maggiore di cm 15.

Demolizione di pavimenti - I pavimenti di qualsiasi genere e materiale saranno valutati per la superficie vista tra le pareti intonacate dell'ambiente. Nella misura non sarà perciò compresa l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco.

Nel prezzo è compreso l'onere della demolizione dell'eventuale zoccolino battiscopa di qualunque genere.

Demolizione dei solai - La demolizione dei solai sarà valutata a superficie in base alle luci nette degli stessi. Saranno comprese nel prezzo delle demolizioni dei solai:

se con struttura portante in legno, la demolizione del tavolato con sovrastante cretonato o sottofondo e dell'eventuale soffitto su cannucciato o rete;

se con struttura portante in ferro, la demolizione completa del soffitto e del pavimento, salvo che non risulti prescritta e compensata a parte la rimozione accurata del pavimento;

se del tipo misto in c.a. e laterizio, la demolizione del pavimento e del soffitto, salvo che non risulti prescritta la rimozione accurata del pavimento.

Rimozione della grossa orditura del tetto - Verrà computata a mq misurando geometricamente la superficie delle falde del tetto senza alcuna deduzione dei fori. Nel caso della rimozione di singoli elementi o di parti della grossa orditura, verrà computata solamente la parte interessata. Nel prezzo è compensato anche l'onere della rimozione delle eventuali banchine di appoggio.

Art. 1.6 - Opere specialistiche

Ogni intervento di conservazione specialistico interessa di norma la superficie del manufatto; l'estensione di quest'ultimo è pertanto da acquisire nel modo più esatto possibile tramite preciso rilievo restituito in scale opportune.

Tutti quei manufatti compositi, costituiti da materiali di natura diversa, di dimensioni ridotte, di forma complessa o che presentino finiture particolarmente e finemente lavorate, andranno valutati a corpo.

Saranno da valutarsi a misura secondo le seguenti prescrizioni.

Manufatti archeologici - Tutti i manufatti riconducibili a semplici forme geometriche, nel caso sia di oggetti integri sia di frammenti, si inquadreranno nella forma geometrica di riferimento. Di tutti gli altri manufatti si calcolerà la superficie moltiplicando lo sviluppo del loro profilo (utilizzando una fettuccia metrica) per la circonferenza del minimo cilindro circoscrivibile. Gli elementi applicati saranno misurati con gli stessi criteri e sommati. Il computo metrico dovrà comprendere anche la misura della superficie interna misurabile.

Cornici, modanature - Per manufatti di fattura complessa e fortemente lavorati si calcolerà la superficie inscrivibile in forma geometrica regolare moltiplicata per la lunghezza. Per manufatti semplici dovrà essere calcolata la superficie effettiva tramite lo sviluppo del profilo (utilizzando fettuccia metrica) per la lunghezza della loro membratura più sporgente.

Sculpture a tutto tondo - Andrà misurata la superficie laterale del cilindro medio circoscrivibile incrementato del 20% per sculture di ornato semplice, del 40% per sculture di ornato ricco e complesso. Il cilindro medio sarà calcolato rilevando la circonferenza in almeno quattro punti significativi escludendo quelle minime (collo, caviglia, ecc.). Le parti molto aggettanti non verranno incluse nel cilindro medio, ma verranno misurate con gli stessi criteri e ad esso sommate. Nel caso di sculture cave, la valutazione sarà da esprimersi a corpo.

Rilievi - Il manufatto andrà inquadrato in una o più forme geometriche piane e regolari. Lo sviluppo della superficie sarà incrementato del 10% per bassorilievi, del 20% per rilievi medi, del 40% per altorilievi. Per altorilievi molto aggettanti l'incremento andrà valutato a seconda del caso. Potranno eventualmente essere assimilabili a sculture a tutto tondo o richiedere incrementi sino al 100%.

Interventi su volte, soffitti, settori circolari - Si calcolerà l'effettivo sviluppo geometrico aumentato del 10% nel caso di volte e soffitti (maggior onere per superfici rivolte verso il basso).

Art 1.7 - Impianti tecnologici

La qualità dei lavori e delle provviste sarà determinata con metodi geometrici, a numero o a misura in relazione a quanto previsto dall'elenco prezzi allegati.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se dalle misure di controllo si dovessero rilevare sezioni, lunghezze e superfici effettivamente superiori, richiamando in proposito quanto stabilito dagli articoli 13 e 14 del Capitolato Generale 16 luglio 1962, n. 1063.

Soltanto nel caso in cui la Direzione Lavori per motivi tecnici imprevisi abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni, se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle progettate e ordinate e l'impresa potrà essere chiamata in conseguenza al rifacimento a tutto suo carico.

Restano in ogni modo salve le possibilità di verifica e di rettifica nel corso delle operazioni di collaudo.

La valutazione degli impianti tecnologici potrà essere effettuata, come specificato a progetto e nel relativo Capitolato proprio dell'appalto, ricorrendo a prezzi relativi alla fornitura ed installazione dei singoli macchinari, delle singole apparecchiature e delle reti di utilizzo, oppure con i prezzi dei singoli componenti suddivisi per categoria a seconda del tipo di intervento.

In proposito la ditta appaltatrice non potrà pretendere l'applicazione di un metodo di valutazione dei lavori difforme da quello previsto dal progetto.

Tale criterio si applica anche agli impianti che ricadono in una tipologia standardizzata ed omogenea e prevista nel progetto e nel Capitolato Speciale proprio dell'appalto.

Tali prezzi, se non diversamente stabilito nelle voci di elenco, comprendono tutte le assistenze murarie quale apertura di tracce e relativa chiusura con malta, il ripristino dell'intonaco e la rasatura, la formazione di fori ed attraversamenti orizzontali e verticali, fissaggio a muro di componenti, ad incasso, ganci di ancoraggio, tasselli ad espansione ecc.

I prezzi dei singoli componenti suddivisi per categoria comprendono quanto previsto dalle rispettive voci dell'elenco prezzi.

2. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Art. 2.1 - Materiali in genere

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere e per tutti gli interventi di conservazione, risanamento e restauro da effettuarsi sui manufatti, saranno della località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e degli eventuali organi competenti preposti alla tutela del patrimonio storico, artistico, architettonico e monumentale, siano riconosciuti della migliore qualità, simili, ovvero il più possibile compatibili con i materiali preesistenti, in modo da non risultare assolutamente in contrasto con le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei manufatti oggetto di intervento.

A tale scopo l'Appaltatore avrà l'obbligo, durante qualsiasi fase lavorativa, di effettuare o fare eseguire, presso gli stabilimenti di produzione c/o laboratori ed istituti di provata specializzazione, in possesso delle specifiche autorizzazioni, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato o dalla D.L.

Tali prove si potranno effettuare sui materiali esistenti in siti, su tutte le forniture previste, su tutti quei materiali che si utilizzeranno per la completa esecuzione delle opere appaltate, materiali confezionati direttamente in cantiere o confezionati e forniti da ditte specializzate.

In particolare, sui manufatti aggrediti da agenti patogeni, leggermente o fortemente alterati, comunque oggetto di intervento, sia di carattere manutentivo che conservativo, se gli elaborati di progetto lo prevedono, sarà cura dell'Appaltatore mettere in atto tutta una serie di operazioni strettamente legate alla conoscenza fisico materica, patologica degli stessi, secondo quanto prescritto nella parte 111 del presente Capitolato, e comunque:

- determinare le caratteristiche dei materiali oggetto di intervento;
- individuare gli agenti patogeni in aggressione;
- individuare le cause dirette e/o indirette determinanti le patologie (alterazioni del materiale, difetti di produzione, errata tecnica applicativa, aggressione atmosferica, sbalzi termici, umidità, aggressione microrganismi, ecc.);
- effettuare in situ e/o in laboratorio tutte quelle prove preliminari in grado di garantire l'efficacia e la non nocività dei prodotti da utilizzarsi e di tutte le metodologie di intervento. Tali verifiche faranno riferimento alle indicazioni di progetto, alle normative UNI e alle raccomandazioni NORMAL recepite dal Ministero per i Beni Culturali con Decreto 11 novembre 1982, n. 2093.

Il prelievo dei campioni verrà effettuato in contraddittorio con l'Appaltatore e sarà appositamente verbalizzato. Sarà in ogni caso da eseguirsi secondo le norme del C.N.R.

Tutti i materiali che verranno scartati dalla D.L. dovranno essere immediatamente sostituiti, siano essi depositati in cantiere, completamente o parzialmente in opera, senza che l'Appaltatore abbia nulla da eccepire. Dovranno quindi essere sostituiti con materiali idonei rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti richiesti. Ad ogni modo l'Appaltatore resterà responsabile per quanto concerne la qualità dei materiali forniti anche se ritenuti idonei dalla D.L., sino alla loro accettazione da parte dell'Amministrazione in sede di collaudo finale.

Art. 2.2 - Sabbie, ghiaie, argille espanse, pomice, pietre naturali, marmi

Sabbie - Sabbie vive o di cava, di natura silicea, quarzosa, granitica o calcarea ricavate da rocce con alta resistenza alla compressione, né gessose, né gelive. Dovranno essere scevre da materie terrose, argillose, limacciose e polverulente, da detriti organici e sostanze inquinanti.

La sabbia dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso uno staccio con maglie circolari del diametro di mm 2 per murature in genere e del diametro di mm 1 per gli intonaci e murature di paramento od in pietra da taglio.

L'accettabilità della sabbia verrà definita con i criteri indicati nell'allegato 1 del D.M. 3 giugno 1968 e nell'allegato 1, punto 2 del D.M. 27 luglio 1985; la distribuzione granulo metrica dovrà essere assortita e comunque adeguata alle condizioni di posa in opera.

Ghiaia e pietrisco - Le prime dovranno essere costituite da elementi omogenei pulitissimi ed esenti da materie terrose, argillose e limacciose e dovranno provenire da rocce compatte, non gessose e marnose ad alta resistenza a compressione.

I pietrischi dovranno provenire dalla spezzettatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o a calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto e all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo; dovranno essere scevri da materie terrose, sabbia e materie eterogenee. Sono assolutamente escluse le rocce marnose.

Gli elementi di ghiaie e pietrischi dovranno essere tali da passare attraverso un vaglio a fori circolari del diametro:

- di cm 5 se si tratta di lavori correnti di fondazione o di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpe e simili;
- di cm 4 se si tratta di volti di getto;
- di cm 1 a 3 se si tratta di cappe di volti o di lavori in cemento armato od a pareti sottili.

Gli elementi più piccoli di ghiaie e pietrischi non devono passare in un vaglio a maglie rotonde di cm 1 di diametro, salvo quando vanno impiegati in cappe di volti od in lavori in cemento armato od a pareti sottili, nei quali casi sono ammessi anche elementi più piccoli.

Tutti gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno rispondere alle norme UNI 8520/1-22, ediz. 1984-86. Gli aggregati leggeri saranno conformi alle norme UNI 7549/1-12, ediz. 1976.

Argille espanse - Materiali sotto forma di granuli da usarsi come inerti per il confezionamento di calcestruzzi leggeri. Fabbricate tramite cottura di piccoli grumi ottenuti agglomerando l'argilla con poca acqua. Ogni granulo di colore bruno dovrà avere forma rotondeggiante, diametro compreso tra mm 8 e 15, essere scevro da sostanze organiche, polvere od altri elementi estranei, non dovrà essere attaccabile da acidi, dovrà conservare le sue qualità in un largo intervallo di temperatura.

In genere le argille espanse dovranno essere in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà comunque possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.

I granuli potranno anche essere sinterizzati tramite appositi procedimenti per essere trasformati in blocchi leggeri che potranno utilizzarsi per pareti isolanti.

Pomice - Gli inerti leggeri di pomice dovranno essere formati da granuli leggeri di pomice asciutti e scevri da sostanze organiche, polveri od altri elementi estranei. Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto.

Pietre naturali - Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro, dovranno essere a grana compatta, esenti da piani di sfaldamento, da screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui devono essere soggette, ed avere una efficace adesività alle malte.

Saranno assolutamente escluse le pietre marnose e quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

In particolare le caratteristiche alle quali dovranno soddisfare le pietre naturali da impiegare nella costruzione in relazione alla natura della roccia prescelta, tenuto conto dell'impiego che dovrà farsene nell'opera da costruire, dovranno corrispondere alle norme di cui al R.D. 16 novembre 1939, nn. 2229 e 2232, nonché alle norme UNI 8458-83 e 9379-89 e, se nel caso, dalle "norme per l'accettazione dei cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" CNR ediz. 1954 e dalle tabelle UNI 2719-ediz. 1945.

Pietre da taglio - Oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasti, sonore alla percussione, e di perfetta lavorabilità.

Per le opere a "faccia a vista" sarà vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce.

Tufi - Dovranno essere di struttura litoide, compatto ed uniforme, escludendo quello pomicioso e quello facilmente friabile.

Ardesia - In lastre per copertura dovrà essere di prima scelta e di spessore uniforme: le lastre dovranno essere sonore, di superficie piuttosto rugosa che liscia e scevre da inclusioni e venature.

Marmi - Devono appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto, oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta, essere conformi ai campioni di riferimento precedentemente selezionati. Dovranno essere della migliore qualità, perfettamente sani, senza scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi, peli, crepe, discontinuità o altri difetti che li renderebbero fragili e poco omogenei. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture, scheggiature. Dovranno inoltre possedere la lavorazione superficiale e/o le finiture indicate a progetto, le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze.

Art. 2.3 - Acqua, calci, pozzolane, leganti idraulici, leganti idraulici speciali e leganti sintetici

Acqua per costruzioni - L'acqua dovrà essere dolce, limpida, e scevra da sostanze organiche, materie terrose, cospicue quantità di solfati e cloruri. Dovrà possedere una durezza massima di 32° MEC. Sono escluse acque assolutamente pure, piovane e di nevai.

Acqua per puliture - Dovranno essere utilizzate acque assolutamente pure, prive di sali e calcari. Per la pulitura di manufatti a pasta porosa si dovranno utilizzare acque deionizzate ottenute tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO_3H) e basiche (RNH_3OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non rende le acque sterili, nel caso in cui sia richiesta sterilità, si potranno ottenere acque di quel tipo operando preferibilmente per via fisica.

Calce - Le calci aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori.

La calce grassa in zolle dovrà provenire da calcari puri, essere di recente, perfetta ed uniforme cottura, non bruciata né vitrea né pigra ad idratarsi ed infine di qualità tale che, mescolata con la sola quantità di acqua dolce necessaria all'estinzione, si trasformi completamente in una pasta soda a grassello tenuissimo, senza lasciare residui maggiori del 5% dovuti a parti non ben decarburate, siliciose od altrimenti inerti.

L'impiego delle calci è regolato in Italia dal R.D. n. 2231 del 1939 (G.U. n. 92 del 18 aprile 1940) che considera i seguenti tipi di calce:

- calce grassa in zolle, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore non inferiore al 94% e resa in grassello non inferiore al 2,5%;
- calce magra in zolle o calce viva contenente meno del 94% di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5%;
- calce idrata in polvere ottenuta dallo spegnimento della calce viva, si distingue in:
 - fiore di calce, quando il contenuto minimo di idrossidi $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{HO})_2$ non è inferiore al 91%;
 - calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo di $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{HO})_2$ non è inferiore all'82%.

In entrambi i tipi di calce idrata il contenuto massimo di carbonati e di impurità non dovrà superare il 6% e l'umidità il 3%.

Per quanto riguarda la finezza dei granuli, la setacciatura dovrà essere praticata con vagli aventi fori di mm 0,18 e la parte trattenuta dal setaccio non dovrà superare l'1% nel caso del fiore di calce, e il 2% nella calce idrata da costruzione; se invece si utilizza un setaccio da mm 0,09 la parte trattenuta non dovrà essere superiore al 5% per il fiore di calce e del 15% per la calce idrata da costruzione.

Il materiale dovrà essere opportunamente confezionato, protetto dalle intemperie e conservato in locali asciutti. Sulle confezioni dovranno essere ben visibili le caratteristiche (peso. e tipo di calce) oltre al nome del produttore e/o distributore.

Leganti idraulici - I cementi e le calci idrauliche dovranno avere i requisiti di cui alla legge 595 del 26 maggio 1965; le norme relative all'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove di idoneità e collaudo saranno regolate dal successivo D.M. 3 giugno 1968 e dal D.M. 20 novembre 1984.

I cementi potranno essere forniti sfusi e/o in sacchi sigillati. Dovranno essere conservati in locali coperti, asciutti, possibilmente sopra pallet in legno, coperti e protetto da appositi teli. Se sfusi i cementi dovranno essere trasportati con idonei mezzi, così pure il cantiere dovrà essere dotato di mezzi atti allo scarico ed all'immagazzinaggio in appositi silos; dovranno essere separati per tipi e classi identificandoli con appositi cartellini. Dovrà essere utilizzata una bilancia per il controllo e la formazione degli impasti.

I cementi forniti in sacchi dovranno avere riportato sugli stessi il nominativo del produttore, il peso, la qualità del prodotto, la quantità d'acqua per malte normali e la resistenza minima a compressione ed a trazione a 28 giorni di stagionatura.

L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento dovrà essere annotata sul giornale dei lavori e sul registro dei getti. Tutti i cementi che all'atto dell'utilizzo dovessero risultare alterati verranno rifiutati ed allontanati.

Pozzolane - Le pozzolane saranno ricavate da strati privi di cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o da parti inerti; qualunque sia la loro provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dal R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

Gessi - Dovranno essere di recente cottura, perfettamente asciutti, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio da 56 maglie a centimetro quadro, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. I gessi dovranno essere conservati in locali coperti e ben riparati dall'umidità, approvvigionati in sacchi sigillati con stampigliato il nominativo del produttore e la qualità del materiale contenuto.

Non andranno comunque mai usati in ambienti umidi né in ambienti con temperature superiori ai 110 °C. Non dovranno inoltre essere impiegati a contatto di leghe di ferro.

I gessi per l'edilizia vengono distinti in base alla loro destinazione (per muri, per intonaci, per pavimenti, per usi vari). Le loro caratteristiche fisiche (granulometria, resistenze, tempi di presa) e chimiche (tenore solfato di calcio, tenore di acqua di costituzione, contenuto di impurezze) vengono fissate dalla norma UNI 6782.

Agglomerati cementizi - A lenta presa - cementi tipo Portland normale, pozzolanico, d'altoforno e alluminoso. L'inizio della presa deve avvenire almeno entro un'ora dall'impasto e terminare entro 6-12 ore -- a rapida presa -- miscele di cemento alluminoso e di cemento Portland con rapporto in peso fra i due leganti prossimi a uno da impastarsi con acqua. L'impiego dovrà essere riservato e limitato ad opere aventi carattere di urgenza o di provvisorietà e con scarse esigenze statiche.

Gli agglomerati cementizi rispondono a norme fissate dal D.M. 31 agosto 1972.

Resine sintetiche

Ottenute con metodi di sintesi chimica, sono polimeri ottenuti partendo da molecole di composti organici semplici, per lo più derivati dal petrolio, dal carbon fossile o dai gas petroliferi.

Quali materiali organici, saranno da utilizzarsi sempre e solo in casi particolari e comunque puntuali, mai generalizzando il loro impiego, dietro esplicita indicazione di progetto e della D.L. la sorveglianza e l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

In ogni caso in qualsiasi intervento di conservazione e restauro sarà assolutamente vietato utilizzare prodotti di sintesi chimica senza preventive analisi di laboratorio, prove applicative, schede tecniche e garanzie da parte delle ditte produttrici. Sarà vietato il loro utilizzo in mancanza di una comprovata compatibilità fisica, chimica e meccanica con i materiali direttamente interessati all'intervento o al loro contorno.

La loro applicazione dovrà sempre essere a cura di personale specializzato nel rispetto della normativa sulla sicurezza degli operatori/applicatori.

Le proprietà e i metodi di prova su tali materiali sono stabiliti dall'UNI e dalla sua sezione chimica (UNICHIM), oltre a tutte le indicazioni fornite dalle raccomandazioni NORMAL.

Resine acriliche - Polimeri di addizione dell'estere acrilico o di suoi derivati. Termoplastiche, resistenti agli acidi, alle basi, agli alcoli in concentrazione sino al 40%, alla benzina, alla trementina. Resine di massima trasparenza, dovranno presentare buona durezza e stabilità dimensionale, buona idrorepellenza e resistenza alle intemperie. A basso peso molecolare presentano bassa viscosità e possono essere lavorate ad iniezione.

Potranno essere utilizzate quali consolidanti ed adesivi, eventualmente miscelati con siliconi, con silicato di potassio ed acqua di calce. Anche come additivi per aumentare l'adesività (stucchi, malte fluide).

Resine epossidiche - Si ottengono per policondensazione tra epossidrina e bisfenolisopropano, potranno essere del tipo solido o liquido. Per successiva reazione dei gruppi epossidici con un indurente, che ne caratterizza il comportamento, (una diammina) si ha la formazione di strutture reticolate e termoisolanti.

Data l'elevata resistenza chimica e meccanica possono essere impiegate per svariati usi. Come rivestimenti e vernici protettive, adesivi strutturali, laminati antifuoco. Caricate con materiali fibrosi (fibre di lana di vetro o di roccia) raggiungono proprietà meccaniche molto vicine a quelle dell'acciaio.

Si potranno pertanto miscelare (anche con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti), ma solo dietro esplicita richiesta ed approvazione della D.L.

Resine poliesteri - Derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi basici insaturi o loro anidridi. Prima dell'indurimento potranno essere impastati con fibre di vetro, di cotone o sintetiche per aumentare la resistenza dei prodotti finali.

Come riempitivi possono essere usati calcari, gesso, cementi e sabbie.

Anche per le resine poliesteri valgono le stesse precauzioni, divieti e modalità d'uso enunciati a proposito delle resine epossidiche.

Le loro caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Art. 2.4 - Laterizi

I laterizi da impiegare per i lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2233, e nell'allegato 1 del D.M. 30 maggio 1974, e alle norme UNI vigenti.

I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, di modulo costante, e presentare, sia all'asciutto che dopo la prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a kg per cm² (UNI 5632-65).

I mattoni pieni o semipieni di paramento dovranno essere di forma regolare, dovranno avere la superficie completamente integra e di colorazione uniforme per l'intera partita. Le liste in laterizio per rivestimenti murari (UNI 5632), a colorazione naturale o colorate con componenti inorganici, possono avere nel retro tipi di riquadri in grado di migliorare l'aderenza con le malte o possono anche essere foggiate con incastro a coda di rondine. Per tutti i laterizi è prescritto un comportamento non gelivo, una resistenza cioè ad almeno 20 cicli alternati di gelo e disgelo eseguiti tra

i + 50 e -20 °C. Saranno da escludersi la presenza di noduli bianchi di carbonato di calcio come pure di noduli di ossido di ferro.

I mattoni forati, le volterrane ed i tavelloni dovranno pure presentare una resistenza alla compressione di almeno kg 16 per cm² di superficie totale premuta (UNI 5631-65; 2105-07).

Le tegole piane o curve, di qualunque tipo siano, dovranno essere esattamente adattabili le une sulle altre, senza sbavature e presentare tinta uniforme; appoggiate su due regoli posti a mm 20 dai bordi estremi dei due lati corti, dovranno sopportare, sia un carico concentrato nel mezzo gradualmente crescente fino a kg 120, sia l'urto di una palla di ghisa del peso di kg 1 cadente dall'altezza di cm 20.

Sotto un carico di mm 50 d'acqua mantenuta per 24 ore le tegole dovranno risultare impermeabili (UNI 2619-20-21-22).

Le tegole piane infine non dovranno presentare difetto alcuno nel nasello.

Art. 2.5 - Materiali ferrosi e metalli vari

Materiali ferrosi - I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, breccie, paglie o da qualsiasi altro difetto prescritto (UNI 2623- 29). Fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dal citato D.M. 30 maggio 1974 (allegati nn. 1, 3, 4) ed alle norme UNI vigenti e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti.

1. Ferro - Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.

2. Acciaio trafelato o laminato - Tale acciaio, nella varietà dolce (cosiddetto ferro omogeneo), semiduro e duro, dovrà essere privo di difetti, di screpolature, di bruciature e di altre soluzioni di continuità. In particolare, per la prima varietà sono richieste perfette malleabilità e lavorabilità a fresco e a caldo, senza che ne derivino screpolature o alterazioni; esso dovrà essere altresì saldabile e non suscettibile di prendere la temperatura; alla rottura dovrà presentare struttura lucente e finemente granulare.

3. Acciaio fuso in getti - L'acciaio fuso in getti per cuscinetti, cerniere, rulli o per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

4. Ghisa - La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. È assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose.

Metalli vari - Il piombo, lo zinco, lo stagno, il rame e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, o ne alteri la resistenza o la durata.

Art. 2.6 - Legnami

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenze essi siano dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 30 ottobre 1912 e alle norme UNI vigenti; saranno provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I legnami destinati alla costruzione degli infissi dovranno essere di prima scelta, di struttura e fibra compatta e resistente, non deteriorata, perfettamente sana, dritta e priva di spaccature sia in senso radicale che circolare. Essi dovranno essere perfettamente stagionati, a meno che non siano stati essiccati artificialmente, presentare colore e venatura uniforme, essere privi di alborno ed esenti da nodi, cipollature, buchi, od altri difetti.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozzate dalla sega e si ritirino nelle connessioni.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto dal palo, dovranno essere scortecciati per tutta la lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza né il quarto del maggiore dei 2 diametri.

Nei legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alborno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alborno né smussi di sorta.

Art. 2.7 - Materiali per pavimentazioni

I materiali per pavimentazioni, piastrelle di argille, mattonelle e marmette di cemento, mattonelle greficate, lastre e quadrelli di marmo, mattonelle di asfalto, dovranno corrispondere alle norme di accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 ed alle norme UNI vigenti.

Tutti i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi ed essere accompagnati da schede informative. I manufatti prima della posa andranno attentamente controllati avendo l'accortezza di mischiare i materiali contenuti in più imballi o appartenenti a lotti diversi.

Mattonelle, marmette e pietrini di cemento - Le mattonelle, le marmette ed i pietrini di cemento dovranno essere di ottima fabbricazione e compressione meccanica, stagionati da almeno tre mesi, ben calibrati, a bordi sani e piani; non dovranno presentare nè carie, nè peli, nè tendenza al distacco tra il sottofondo e lo strato superiore.

La colorazione del cemento dovrà essere fatta con colori adatti, amalgamati, uniformi.

Le mattonelle, di spessore complessivo non inferiore a mm 25, avranno uno strato superficiale di assoluto cemento colorato non inferiore a mm 7.

Le marmette avranno anch'esse uno spessore complessivo di mm 25 con strato superficiale di spessore costante non inferiore a mm 7 costituito da un impasto di cemento, sabbia e scaglie di marino. I pietrini avranno uno spessore complessivo non inferiore a mm 30 con lo strato superficiale di assoluto cemento di spessore non inferiore a mm 8; la superficie di pietrini sarà liscia, bugnata o scanalata secondo il disegno che sarà prescritto.

Pietrini e mattonelle di terrecotte greificate - Le mattonelle e i pietrini saranno di prima scelta, greificati per tutto intero lo spessore, inattaccabili dagli agenti chimici e meccanici, di forme esattamente regolari, a spigoli vivi, a superficie piana.

Sottoposte ad un esperimento di assorbimento mediante gocce d'inchiostro, queste non dovranno essere assorbite nonche in minima misura.

Le mattonelle saranno fornite nella forma, colore e dimensione che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Granaglia per pavimenti alla veneziana - La granaglia di marmo o di altre pietre idonee dovrà corrispondere, per tipo e granulosità, ai campioni di pavimento prescelti e risultare perfettamente scevra di impurità.

Pezzami per pavimenti a bollettonato - I pezzami di marmo o di altre pietre idonee dovranno essere costituiti da elementi, dello spessore da 2 a cm 3 di forma e dimensioni opportune secondo i campioni prescelti.

Piastrelle di ceramica - Dovranno essere di forma, dimensione e colore indicati a progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali devono sempre basarsi sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo la norma UNI EN 87.

A seconda della classe di appartenenza secondo UNI le piastrelle di ceramica estruse o pressate di prima scelta devono rispondere alle seguenti norme.

| Formatura | Assorbimento d'acqua, E in % | | | |
|-------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| | Gruppo I E ≤ 3% | Gruppo IIa 3% < E < 6% | Gruppo Iib 6% < E < 10% | Gruppo III E > 10 |
| Estruse (A) | UNI EN 121 | UNI EN 186 | UNI EN 187 | UNI EN 188 |
| Pressate | UNI EN 176 | UNI EN 177 | UNI EN 178 | UNI EN 159 |

Per le piastrelle definite secondo il R.D. 16 novembre 1939, n. 334 pianelle comuni di argilla, pianelle pressate ed arrotate di argilla e mattonelle greificate si dovranno rispettare le seguenti prescrizioni: resistenza all'urto 2Nm (0,20 kgm) minimo; resistenza alla flessione 2,5 N/mm² (25 kg/cm²) minimo; coefficiente di usura mm 15 per km 1 di percorso.

Prodotti di legno - Tavolette, listoni, mosaico di lamelle, blocchetti devono corrispondere all'essenza legnosa adatta all'uso e prescritta a progetto, avere contenuto di umidità tra il 10% ed il 15%, resistenza meccanica a flessione ed all'impronta nei limiti solitamente riscontrati sulla specie legnosa di appartenenza.

Si potranno riscontrare difetti sulla faccia a vista secondo i seguenti livelli qualitativi.

Qualità I: piccoli nodi con diametro minore di mm 2 se del colore della specie (minore di 1 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 10% degli elementi del lotto; imperfezioni di lavorazione con profondità minore di mm 1 e purché presenti su meno del 10% degli elementi.

Qualità II: piccoli nodi con diametro minore di mm 5 se del colore della specie (se di colore diverso minore di mm 2) purché presenti su meno del 20% degli elementi del lotto; imperfezioni di lavorazione come per la classe I; piccole fenditure; alborno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi attacco da insetti.

Qualità III: esenti da difetti in grado di comprometterne l'impiego; alborno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi attacco da insetti.

Le tolleranze ammesse sullo spessore e la finitura dovranno essere per i listoni mm 1 sullo spessore, mm 2 sulla larghezza e mm 5 sulla lunghezza. Per le tavolette, mosaico e quadrotti mm 0,5 sullo spessore, 1,5% sulla larghezza e lunghezza. Facce a vista e fianchi dovranno presentarsi lisci.

Linoleum e rivestimenti in plastica - Dovranno rispondere alle norme vigenti, presentare superficie liscia priva di discontinuità, strisciature, macchie e screpolature.

Salvo il caso di pavimentazione da sovrapporsi ad altre esistenti, gli spessori non dovranno essere inferiori a mm con una tolleranza non inferiore al 5%. Lo spessore verrà determinato come media di dieci misurazioni eseguite sui campioni prelevati, impiegando un calibro che dia l'approssimazione di 1/10 di millimetro con piani di posamento del diametro di almeno mm 10.

Il peso a metro quadrato non dovrà essere inferiore a kg per millimetro di spessore. Il peso verrà determinato sopra provini quadrati del lato di 0,50 cm con pesature che diano l'approssimazione di un grammo.

Esso non dovrà avere stagionatura inferiore a mesi quattro.

Tagliando i campioni a 45 gradi nello spessore, la superficie del taglio dovrà risultare uniforme e compatta, dovrà essere perfetto il collegamento fra i vari strati.

Un pezzo di tappeto di forma quadrata di cm 0,20 di lato dovrà potersi curvare col preparato in fuori sopra un cilindro del diametro 10 x (s + 1) millimetri, dove s rappresenta lo spessore in millimetri, senza che si formino fenditure e screpolature.

Art. 2.8 - Colori e vernici

Pitture, idropitture, vernici e smalti dovranno essere di recente produzione, non dovranno presentare fenomeni di sedimentazione o di addensamento, peli, gelatinizzazioni. Verranno approvvigionati in cantiere in recipienti sigillati recanti l'indicazione della ditta produttrice, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e di conservazione del prodotto, la data di scadenza. I recipienti andranno aperti solo al momento dell'impiego e in presenza della D.L. I prodotti dovranno essere pronti all'uso fatte salve le diluizioni previste dalle ditte produttrici nei rapporti indicati dalle stesse; dovranno conferire alle superfici l'aspetto previsto e mantenerlo nel tempo.

Per quanto riguarda i prodotti per la pitturazione di strutture murarie saranno da utilizzarsi prodotti non pellicolanti secondo le definizioni della norma UNI 8751 anche recepita dalla Raccomandazione NORMAL M 04/85.

Tutti i prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI e UNICHIM vigenti ed in particolare. UNI 4715, UNI 8310 e 8360 (massa volumica), 8311 (PH) 8306 e 8309 (contenuto di resina, pigmenti e cariche), 8362 (tempo di essiccazione). Metodi UNICHIM per il controllo delle superfici da verniciare: MU 446, 456-58, 526, 564, 579, 585. Le prove tecnologiche da eseguirsi prima e dopo l'applicazione faranno riferimento alle norme UNICHIM, MU 156, 443, 444, 445, 466, 488, 525, 580, 561, 563, 566, 570, 582, 590, 592, 600, 609, 610, 611. Sono prove relative alle caratteristiche del materiale: campionamento, rapporto pigmenti-legante, finezza di macinazione, consumo, velocità di essiccamento, spessore; oltre che alla loro resistenza: agli agenti atmosferici, agli agenti chimici, ai cieli termici, ai raggi UV, all'umidità.

In ogni caso i prodotti da utilizzarsi dovranno avere ottima penetrabilità, compatibilità con il supporto, garantendogli buona traspirabilità. Tali caratteristiche risultano certamente prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

Nel caso in cui si proceda alla pitturazione e/o verniciatura di edifici e/o manufatti di chiaro interesse storico, artistico, posti sotto tutela, o su manufatti sui quali si sono effettuati interventi di conservazione e restauro, si dovrà procedere dietro specifiche autorizzazioni della D.L. e degli organi competenti. In questi casi sarà assolutamente vietato utilizzare prodotti a base di resine sintetiche.

Olio di lino cotto - L'olio di lino cotto dovrà essere ben depurato, presentare un colore assai chiaro e perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro da alterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore.

L'acidità massima sarà in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15 °C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93.

Acquaragia (senza essenza di trementina) - Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e volatilissima. La sua densità a 15 °C sarà di 0,87.

Bianca - La bianca o cerussa (carbonato basico di piombo) deve essere pura, senza miscele di sorta, e priva di qualsiasi traccia di solfato di bario.

Bianco di zinco - Il bianco di zinco dovrà essere in polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco e non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più del 1% di altre impurità; l'umidità non deve superare il 3%.

Minio - Sia di piombo (sequioossido di piombo) che di alluminio (ossido di alluminio) dovrà essere costituito da polvere finissima e non dovrà contenere colori derivati dall'anilina, né oltre il 10% di sostanze (solfato di bario, ecc.).

Latte di calce - Il latte di calce sarà preparato con calce grassa, perfettamente bianca, spenta per immersione. Vi si potrà aggiungere la quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra.

Colori all'acqua, a colla o ad olio - Le terre coloranti destinate alle tinte all'acqua, a colla o ad olio, saranno finemente macinate e prive di sostanze eterogenee e dovranno venire perfettamente incorporate nell'acqua, nelle colle e negli oli, ma non per infusione. Potranno essere richieste in qualunque tonalità esistente.

Vernici - Le vernici che s'impiegheranno per gli interni saranno a base di essenza di trementina e gomme pure di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante.

È fatto divieto l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

Eneautici - Gli encaustici potranno essere all'acqua o all'essenza, secondo le disposizioni della D.L.

La cera gialla dovrà risultare perfettamente disciolta, a seconda dell'encaustico adottato, o nell'acqua calda alla quale sarà aggiunto del sale di tartaro, o nell'essenza di trementina.

Smalti - Potranno essere composti da resine naturali o sintetiche, oli, resine sintetiche, pigmenti cariche minerali ed ossidi vari. Dovranno possedere forte potere coprente, facilità di applicazione, luminosità e resistenza agli urti.

Pitture ad olio ed oleosintetiche - Potranno essere composte da oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti. Dovranno possedere un alto potere coprente, risultare resistenti all'azione degradante dell'atmosfera, delle piogge acide, dei raggi ultravioletti.

Pitture all'acqua (idropitture) - Sospensioni acquose di sostanza inorganiche, contenenti eventualmente delle colle o delle emulsioni di sostanza macromolecolari sintetiche.

- Tempere - Sono sospensioni acquose di pigmenti e cariche (calce, gesso, carbonato di calcio finemente polverizzati), contenenti come leganti colle naturali o sintetiche (caseina, vinavil, colla di pesce). Si utilizzeranno esclusivamente su pareti interne intonacate, preventivamente preparate con più mani di latte di calce, contenente in sospensione anche gessi il polvere fine. Le pareti al momento dell'applicazione dovranno essere perfettamente asciutte. Dovranno possedere buon potere coprente e sarà ritinteggiabile.
- Tinte a calce - Costituite da una emulsione di calce idrata o di grassello di calce in cui vengono stemperati pigmenti inorganici che non reagiscono con l'idrossido di calcio. L'aderenza alle malte viene migliorata con colle artificiali, animali e vegetali.

Si potranno applicare anche su pareti intonacate di fresco utilizzando come pigmenti terre naturali passate al setaccio. Per interventi conservativi potranno essere utilizzate velature di tinte a calce fortemente stemperate in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

- Pitture ai silicati - Sono ottenute sospendendo in una soluzione di vetro solubile (silicati di sodio e di potassio) pigmenti inorganici o polveri di caolino, talco o gesso. Dovranno assicurare uno stabile legame con il supporto che andrà opportunamente preparato eliminando completamente tracce di precedenti tinteggiature. Non si potranno applicare su superfici precedentemente tinteggiate con pitture a calce.
- Pitture cementizie - Sospensioni acquose di cementi colorati contenenti colle. Dovranno essere preparate in piccoli quantitativi a causa del velocissimo tempo di presa. L'applicazione dovrà concludersi entro 30 minuti dalla preparazione, prima che avvenga la fase di indurimento. Terminata tale fase sarà fatto divieto diluirle in acqua per eventuali riutilizzi.
- Pitture emulsionate - Emulsioni o dispersioni acquose di resine sintetiche e pigmenti con eventuali aggiunte di prodotti plastificanti (solitamente dibutilftalato) per rendere le pellicole meno rigide. Poste in commercio come paste dense, da diluirsi in acqua al momento dell'impiego. Potranno essere utilizzate su superfici interne ed esterne. Dovranno essere applicate con ottima tecnica e possedere colorazione uniforme. Potranno essere applicate anche su calcestruzzi, legno, cartone ed altri materiali. Non dovranno mai essere applicate su strati preesistenti di tinteggiatura, pittura o vernice non perfettamente aderenti al supporto.

Pitture antiruggine e anticorrosive - Dovranno essere rapportate al tipo di materiale da proteggere ed alle condizioni ambientali.

Il tipo di pittura verrà indicato dalla D.L. e potrà essere del tipo oleosintetica, ad olio, al cromato di zinco.

Neutralizzatori, convertitori di ruggine - Soluzioni di acido fosforico contenenti fosfati metallici in grado di formare rivestimenti superficiali con azione anticorrosiva. Solitamente sono miscele di fosfati primari di ferro, manganese o zinco e acido fosforico. Quando è impossibile rimuovere tutta la ruggine è possibile impiegare convertitori di ruggine sempre a base di acido fosforico, in grado di trasformare la ruggine in fosfato di ferro.

Pitture e smalti di resine sintetiche - Ottenute per sospensioni dei pigmenti e delle cariche in soluzioni organiche di resine sintetiche, possono anche contenere oli essiccanti (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliuretani, poliesteri, al ciorocaucciù, siliconiche). Essiccano con grande rapidità formando pellicole molto dure.

Dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, alla luce, agli urti. Si utilizzeranno dietro precise indicazioni della D.L. che ne verificherà lo stato di conservazione una volta aperti i recipienti originali.

Pitture intumescenti - Sono in grado di formare pellicole che si gonfiano in caso di incendio, producendo uno strato isolante poroso in grado di proteggere dal fuoco e dal calore il supporto su cui sono applicate.

Dovranno essere della migliore qualità, fornite nelle confezioni originali sigillate e di recente preparazione. Da utilizzarsi solo esclusivamente dietro precise indicazioni della D.L.

Art. 2.9 - Materiali diversi

Vetri e cristalli - I vetri e i cristalli dovranno essere, per le richieste dimensioni, di un solo pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori molto trasparenti, prive di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e di qualsiasi altro difetto.

I vetri per l'edilizia piani e trasparenti dovranno rispondere alle norme UNI 5832, 6123, 6486, 6487 con le seguenti denominazioni riguardo agli spessori espressi in mm:

- sottile (semplice) 2 (1,8-2,2);
- normale (semi-doppi) 3 (2,8-3,2);
- forte (doppio) 4 (3,7-4,3);

- spesso (mezzo cristallo) 5-8;
- ultraspeso (cristallo) 10- 19.

Per quanto riguarda i vetri piani stratificati con prestazioni antivandalismo e anticrimine si seguiranno le norme UNI 9186-87, mentre se con prestazioni antiproiettile le UNI 9187-87. Per i vetri piani temperati si farà riferimento alle indicazioni di progetto ed alle norme UNI 7142. Per i vetri piani uniti al perimetro (vetrocamera) costituiti da due lastre di vetro unite tra loro lungo il perimetro a mezzo di adesivi, con interposizione di distanziatore, in modo da formare una o più intercapedini contenenti aria o gas disidratati, si farà riferimento (oltre che alle indicazioni di progetto) alla norma UNI 7171.

Materiali ceramici - I prodotti ceramici più comunemente usati per apparecchi igienico-sanitari, rivestimento di pareti, tubazioni ecc., dovranno presentare struttura omogenea, superficie perfettamente liscia, non scheggiata e di colore uniforme, con lo smalto privo assolutamente di peli, cavillature, bolle, soffiature e simili difetti.

Gli apparecchi igienico-sanitari in ceramica saranno accettati se conformi alle norme UNI 4542, 4543, 4848, 4849, 4850, 4851, 4852, 4853, 4854.

Prodotti per opere di impermeabilizzazione - Sono costituiti da bitumi, paste e mastici bituminosi, cartonfeltri bitumati, fogli e manti bituminosi prefabbricati, vernici bituminose, guaine. Il loro impiego ed il loro sistema applicativo verrà sempre concordato con la D.L. in base alle esigenze ed al tipo di manufatto da proteggere.

- Bitumi di spalmatura - Classificati in UNI 4157.
- Paste e mastici bituminosi - Caricati di polveri inorganiche e/o di fibre; UNI 4377-85, 5654-59.
- Cartonfeltri bitumati - Feltri di fibre di carta impregnati o ricoperti con bitume; UNI 3682,3888, 4157.
- Fogli e manti bituminosi - Membrane o guaine prefabbricate, rinforzati con fibre di vetro o materiale sintetico. Oltre al bitume potranno contenere resine sintetiche (membrane bitume-polimero) o degli elastomeri (membrane bitume-elastomero). Potranno essere accoppiate con fogli di alluminio, di rame, con scaglie di ardesia, graniglia di marino o di quarzo: UNI 5302, 5958, 6262-67, 6484-85, 6536-40, 6718, 6825. Tutte le prove saranno quelle prescritte dalla norma UNI 3838 (stabilità di forma a caldo, flessibilità, resistenza a trazione, scorrimento a caldo, impermeabilità all'acqua, contenuto di sostanze solubili in solfuro di carbonio, invecchiamento termico, lacerazione, punzonamento).
- Vernici bituminose - Ottenute da bitumi fluidizzati con solventi organici. Saranno da utilizzarsi quali protettivi e/o vernicianti per i manti bituminosi. Potranno per- tanto essere pigmentate con polvere di alluminio o essere emulsionate con vernici acriliche.
- Guaine antiradice - Guaine in PVC plastificato monostrato, armato con velo di vetro e spalmato sulle due facce del velo stesso o guaine multistrato di bitume polipropilene su supporto di non tessuto in poliestere da filo continuo. Dovranno possedere una specifica capacità di resistenza all'azione di penetrazione meccanica e disgregatrice delle radici, dei microrganismi e dei batteri viventi nei terreni della vegetazione di qualsiasi specie, conferita da sostanze bio-stabilizzatrici presenti nella miscela del componente principale della guaina stessa.
- Guaine in PVC plastificato - Le guaine in PVC plastificato dovranno avere ottime caratteristiche di resistenza a trazione, ad allungamento e rottura ed una resistenza alla temperatura esterna da -20 a +75 °C. Dovranno avere tutti i requisiti conformi alle norme UNI vigenti per quanto riguarda classificazione, metodi di prova, norme di progettazione. Le membrane, le guaine e in genere i prodotti prefabbricati per impermeabilizzazioni e coperture continue e relativi strati e trattamenti ad esse contigui e funzionari dovranno rispondere alle norme UNI 8202/1-35, UNI 8629/1-6, UNI 8818-86, UNI 889811-7, UNI 9168-87, UNI 9307-88, UNI 9380-89.

Nello specifico i seguenti materiali dovranno garantire le caratteristiche sotto riportate od altre qualitativamente equivalenti:

- Mastice di rocce asfaltiche e mastice di asfalto sintetico

| Tipo | Indice di penetrazione | Penetrazione a 25 °C | Punto di rammollimento | Punti di infiammabilità (Cleveland) | Solubilità in cloruro di carbonio | Volatilità a 136 °C per 5 ore | Penetrazione e a 25 °C del residuo della prova di volatilità |
|------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| | | dmm | °C | °C | % | % | % del bitume originario |
| | (minimo) | (minimo) | (minimo) | (minimo) | (minimo) | (minimo) | (minimo) |
| 0, | 0, | 40 | 55 | 230 | 99,5 | 0,3 | 75 |
| 15 | +1,5 | 35 | 65 | 230 | 99,5 | 0,3 | 75 |
| 25 | +2,5 | 20 | 80 | 230 | 00,5 | 0,3 | 75 |

- Cartefeltro

| Tipo | Peso a mc. | Contenuto | Contenuto | Residui | Umidità | Potere di | Carico |
|------|------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|--------|
|------|------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|--------|

| | | di lana | di cotone, juta ed altre fibre tessili naturali | ceneri | | assorbiment o in olio di antracene | di rottura a trazione nel senso longitudinal e delle fibre su striscia 15\times180 mm |
|-----|----------|---------|--|--------|---|---|---|
| | g | % | % | % | % | % | Kg |
| 224 | 224 ± 12 | 10 | 55 | 10 | 9 | 160 | 2,800 |
| 333 | 333 ± 16 | 12 | 55 | 10 | 9 | 160 | 4,000 |
| 450 | 450 ± 25 | 15 | 55 | 10 | 9 | 160 | 4,700 |

- Cartongfello bitumato cilindrato

| Cartefello tipo | Contenuto solubile in solfuro di carbonio peso a mc. | Peso a mc. del cartongfello |
|-----------------|---|-----------------------------|
| | g. | g. |
| | (minimo) | |
| 224 | 233 | 450 |
| 333 | 348 | 670 |
| 450 | 467 | 900 |

- Cartongfello bitumato ricoperto

| Cartefello tipo | Contenuto solubile in solfuro di carbonio peso a mc. | Peso a mc. del cartongfello |
|-----------------|---|-----------------------------|
| | g. | g. |
| | (minimo) | |
| 224 | 660 | 1.100 |
| 333 | 875 | 1.420 |
| 450 | 1.200 | 1.850 |

Additivi - Gli additivi per malte e calcestruzzi sono classificati in fluidificanti, aeranti, acceleranti, ritardanti, antigelo, ecc., dovranno migliorare, a seconda del tipo, le caratteristiche di lavorabilità, impermeabilità, resistenza, durabilità, adesione. Dovranno essere forniti in recipienti sigillati con indicati il nome del produttore, la data di produzione, le modalità di impiego. Dovranno essere conformi alle definizioni e classificazioni di cui alle norme UNI 7101-20, UNI 8145.

Isolanti termo-acustici - Dovranno possedere bassa conducibilità (UNI 7745), essere leggeri, resistenti, incombustibili, volumetricamente stabili e chimicamente inerti, inattaccabili da microrganismi, insetti e muffe, inodori, imputrescibili, stabili all'invecchiamento. Dovranno essere conformi alle normative UNI vigenti.

Gli isolanti termici di sintesi chimica quali polistirene espanso in lastre (normale e autoestinguente), polistirene espanso estruso, poliuretano espanso, faranno riferimento alle norme UNI 7819.

Gli isolanti termici di derivazione minerale quali lana di roccia, lana di vetro, fibre di vetro, sughero, perdite, vermiculite, argilla espansa faranno riferimento alle norme UNI 2090-94, 5958, 6262-67, 6484-85, 6536-47, 6718-24.

L'Appaltatore dovrà fare riferimento alle modalità di posa suggerite dalla ditta produttrice, alle indicazioni di progetto e della D.L., nel pieno rispetto di tutte le leggi che regolamentano la materia sull'isolamento termico degli edifici.

Lastre di fibrocemento - Lastre piane (a base: fibrocemento e silico calcare; fibrocemento; cellulosa; fibrocemento/silico calcare rinforzati), lastre ondulate e lastre nervate dovranno corrispondere per forma colore e dimensione alle prescrizioni di progetto e rispondenti alle norme UNI. Lastre piane UNI 3948, lastre ondulate UNI 3949, lastre nervate UNI 8865.

Lastre in materiale plastico rinforzato e non - Le lastre ondulate traslucide di materia plastica rinforzata con fibre di vetro devono risultare conformi alle prescrizioni UNI 6774, le lastre di polistirene alla norma UNI 7073, le lastre in polimetimetacrilato alla norma UNI 7074.

Art. 2.10 - Tubazioni

Tubi di ghisa - Saranno perfetti in ogni loro parte, esenti da ogni difetto di fusione, di spessore uniforme e senza soluzione di continuità. Prima della loro messa in opera, a richiesta della D.L., saranno incatramati a caldo internamente ed esternamente.

Tubi in acciaio - Dovranno essere trafilati e perfettamente calibrati. Quando i tubi di acciaio saranno zincati, dovranno presentare una superficie ben pulita e scevra da grumi; lo strato di zinco sarà di spessore uniforme e ben aderente al pezzo, di cui dovrà ricoprire ogni parte.

Tubi di gres - In assenza di specifiche nonne UNI si farà riferimento alle vigenti norme ASSORGRES.

I materiali di gres ceramico dovranno essere a struttura omogenea, smaltati interamente ed esternamente con smalto vetroso, non deformati, privi di screpolature, lavorati accuratamente e con innesto o manicotto o bicchiere.

I tubi saranno cilindrici e dritti tollerando solo eccezionalmente nel senso della lunghezza, curvature con freccia inferiore a 1/100 della lunghezza di ciascun elemento.

In ciascun pezzo i manicotti devono essere conformati in modo da permettere una buona giunzione, l'estremità opposta sarà lavorata esternamente a scanellatura.

I pezzi battuti leggermente con un corpo metallico dovranno rispondere con un suono argentino per denotare buona cottura ed assenza di screpolatura con apparenti.

Lo smalto vetroso deve essere liscio specialmente all'interno, aderire alla pasta ceramica, essere di durezza non inferiore a quella dell'acciaio ed inattaccabile dagli alcali e dagli acidi concentrati, ad eccezione soltanto del fluoridrico.

La massa interna deve essere semifusa, omogenea, senza noduli estranei, assolutamente priva di calce, dura, compatta, resistente agli acidi (escluso il fluoridrico) ed agli alcali, impermeabile, in modo che un pezzo immerso, perfettamente secco, nell'acqua non assorba più del 3,5% in peso; ogni elemento di tubazione, provato isolatamente, deve resistere alla pressione interna di almeno tre atmosfere.

Tubi di cemento - I tubi di cemento dovranno essere confezionati con calcestruzzo sufficientemente ricco di cemento, ben stagionati, ben compatti, levigati, lisci, perfettamente rettilinei a sezione interna esattamente circolare di spessore uniforme e scevri affatto di screpolature. Le superfici interne dovranno essere intonacate e lisce. La frattura dei tubi di cemento dovrà essere pure compatta, senza fessure ed uniforme. Il ghiaietto del calcestruzzo dovrà essere così intimamente mescolato con la malta, che i grani dovranno rompersi sotto l'azione del martello senza distaccarsi dalla malta.

Tubi in PVC (policloruro di vinile) - Dovranno avere impressi sulla superficie esterna, in modo evidente, il nominativo della ditta costruttrice, il diametro, l'indicazione del tipo e della pressione di esercizio; sulle condotte per acqua potabile dovrà essere impressa una sigla per distinguerle da quelle per altri usi, come disposto dalla Circ. Min. Sanità n. 125, 18 luglio 1967.

I tubi si distinguono come previsto dalle norme UNI 7441-47.

Il Direttore Lavori potrà prelevare a suo insindacabile giudizio dei campioni da sottoporre a prove, a cura e spese dell'Appaltatore, e qualora i risultati non fossero rispondenti a quelli richiesti, l'Appaltatore sarà costretto alla completa sostituzione della fornitura, ancorché messa in opera, e al risarcimento dei danni diretti ed indiretti.

Tubi di polietilene (PE) - Saranno prodotti con PE puro stabilizzato con nero fumo in quantità del 2-3% della massa, dovranno essere perfettamente atossici ed infrangibili ed in spessore funzionale alla pressione normalizzata di esercizio (PN 2,5 4,6 10). Il tipo a bassa densità risponderà alle norme UNI 6462-63, mentre il tipo ad alta densità alle norme UNI 711, 7612-13-15.

Tubi drenanti in PVC - Saranno in PVC duro ad alto modulo di elasticità, a basso coefficiente di scabrezza, conformi alle DIN 16961, DIN 1187, e DIN 7748.

Per i tubi di adduzione di acqua per uso potabile, agricolo, industriale e per fognatura, dovranno essere garantiti i requisiti di cui alle tabelle allegate al D.M. 12 dicembre 1985.

Art. 2.11 - Prodotti per la pulizia dei materiali porosi

Generalità - La pulitura delle superfici esterne di un edificio è un'operazione complessa e delicata che necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di una approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per identificare la natura del supporto e dell'agente patogeno, per determinare il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriata di intervento (raccomandazioni NORMAL).

Sarà quindi vietato all'Appaltatore utilizzare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Ogni prodotto potrà essere utilizzato previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

In ogni caso ogni intervento di pulitura dovrà esclusivamente preoccuparsi di eliminare tutte quelle forme patologiche in grado di generare degrado al manufatto, senza pensare quindi all'aspetto estetico e cromatico postintervento. Qualsiasi operazione di pulitura infatti genera un'azione comunque abrasiva nei confronti dei materiali, andando sempre e in ogni modo ad intaccare (seppur minimamente) la loro pellicola naturale (pelle) che si dovrà cercare di

conservare integralmente. I singoli prodotti andranno utilizzati puntualmente, mai generalizzandone l'applicazione, partendo sempre e comunque da operazioni più blande passando via a quelle più forti ed aggressive.

Pulitura con acqua nebulizzata - L'utilizzo di acqua per la pulizia dei materiali porosi richiederà la massima attenzione in primo luogo nei confronti dei materiali stessi che non devono risultare eccessivamente assorbenti.

L'acqua dovrà essere pura, scevra da sostanze inquinanti e sali, deionizzata o distillata. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 °C ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature.

La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per la adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

Pulitura chimica - A causa della pericolosità e della difficoltà di controllo dell'azione corrosiva innescata dai prodotti per la pulizia chimica, si dovrà operare con la massima attenzione e cautela, nel pieno rispetto di leggi e regolamenti, in regime di massima sicurezza per l'operatore. Dovrà essere effettuata esclusivamente dietro specifica autorizzazione della D.L. e solo su quelle zone dove altri tipi di pulizia meno aggressiva non sono state in grado di eliminare l'agente patogeno.

Si dovranno utilizzare formulati in pasta resi tixotropici da inerti di vario tipo quali la metil o carbossimetilcellulosa, argille, amido, magnesite che verranno opportunamente diluiti, con i quantitativi d'acqua prescritti dalla D.L. Ad ogni intervento di tipo chimico dovrà seguire abbondante risciacquo con acqua deionizzata per eliminarne il più possibile le tracce.

I prodotti da utilizzarsi potranno essere basici o acidi o sostanze attive e detergenti, quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell'acqua di lavaggio

Gli acidi si potranno utilizzare per eliminare sali ed efflorescenze con scarsa solubilità in acqua, per i quali non sono risultate sufficienti le operazioni di lavaggio con l'acqua nebulizzata.

Si potrà inoltre utilizzare acido cloridrico per l'asportazione di solfato di calcio (rapporto con acqua 1/500); acido ossalico in soluzione per l'asportazione di solfato di ferro; acido etil-diamminico-tetracetico (EDTA) per l'asportazione di consistenti depositi di sali di vanadio e macchie metalliche.

Impacchi basici potranno essere utilizzati per asportare croste dure contenenti materiali poco solubili.

Formulati

Per croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) si potrà utilizzare un preparato così formulato:

- 50-100 g di EDTA (sale bisodico);
- 30 g di bicarbonato di sodio;
- 50 g di carbossimetilcellulosa;
- 1000 g di acqua.

AB 57; formulato messo a punto dall'ICR, preferibilmente con un PH intorno a 7,5 (sarà comunque sufficiente che il pH non superi il valore 8 per evitare fenomeni di corrosione dei calcari e la eventuale formazione di sotto prodotti dannosi).

Il bicarbonato sviluppa anidride carbonica favorendo così il distacco delle croste nere, mentre l'EDTA complessa il calcio del gesso presente nella crosta, portando in soluzione questo minerale e sostituendolo con solfato sodico, molto più solubile. La seguente ricetta va usata con molta attenzione, solo esclusivamente in caso di effettivo bisogno, in quanto è in grado di generare sali solubili sempre dannosi per i materiali solubili:

- 1000 cc di acqua;
- 30 g di bicarbonato d'ammonio;
- 50 g di bicarbonato di sodio;
- 25 g di EDTA (sale bisodico);
- 10 cc di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, fungicida);
- 60 g di carbossimetilcellulosa.

La quantità di EDTA potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a g 100-125.

Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniacale (NH_4OH) o trietanolanmina ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}_3\text{N}$) allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nella crosta. Ad operazione avvenuta si rende indispensabile un lavaggio ripetuto con acqua deionizzata.

Argille assorbenti - Potranno essere utilizzate due tipi di argilla: la sepiolite e l'attapulgit. Sono fillosilicati idrati di magnesio appartenenti al gruppo strutturale della palygorskite, in grado, di impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie oggetto di intervento. L'operazione di pulizia con argille dovrà essere preceduta da uno sgrassamento e dalla rimozione di eventuali incrostature con solventi opportuni (acetone, cloruro di metilene).

La granulometria dei due tipi di argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh. Dovranno essere preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro lavorazione in spessori di cm 2-3.

Impacchi biologici - Sono impasti argillosi a base di sepiolite o attapulgite, contenenti prodotti a base ureica ed avranno la seguente composizione:

- 1000 cc di acqua;
- 50 g di urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$);
- 20 cc di glicerina ($(\text{CH}_2\text{OH})_2\text{CHOH}$).

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno cm 2 da coprire con fogli di politene. I tempi di applicazione si stabiliranno in base a precedenti prove e campionature.

Biocidi - Prodotti da utilizzarsi per la eliminazione di muschi e licheni. La loro applicazione dovrà essere preceduta da una serie di operazioni di tipo meccanico per l'asportazione superficiale utilizzando spatole, pennelli a setole rigide, bisturi, ecc. attrezzi comunque da utilizzarsi con estrema cautela in modo da non esercitare un'azione troppo incisiva sul manufatto. I biocidi da impiegarsi potranno essere specifici su alcune specie, oppure a vasto raggio di azione.

Per muschi e licheni si possono utilizzare soluzioni acquose all'1/2% di ipoclorito di litio. Per i licheni soluzioni di sali di ammonio quaternario in acqua all'1/2% o di pentaclorofenolo di sodio all'1%. Per alghe verdi e muffe è possibile irrorare la superficie intaccata con formalina oppure con una soluzione di acqua ossigenata (25%) e ammoniacca.

Per alghe e microflora si potrà anche utilizzare un germicida disinfettante come il benzalconio cloruro da utilizzarsi in soluzione acquosa all'1/2% da applicare a spruzzo.

Molti di questi prodotti non esplicano un persistente controllo algale, sarà pertanto utile applicare sulle superfici interessate prodotti algicidi in solvente, in grado di esplicare un'azione preventiva e di controllo della microflora (alghe, licheni, muffe, microfunghi, ecc.)

Tutti i biocidi, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela; alla loro applicazione dovrà sempre seguire un abbondante risciacquo con acqua deionizzata.

Art. 2.12 - Prodotti impregnanti

Generalità - L'impregnazione dei materiali costituenti gli edifici è un'operazione tesa a salvaguardare il manufatto aggredito da agenti patogeni siano essi di natura fisica, chimica e/o meccanica. Le sostanze da impiegarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzate in varie fasi del progetto di conservazione quali preconsolidanti, consolidanti e protettivi. Dovranno in ogni caso essere sempre utilizzate con estrema cautela, mai generalizzandone l'applicazione, finalizzandone l'uso oltre che alla conservazione del manufatto oggetto di intervento, anche alla prevenzione del degrado che comunque potrebbe continuare a sussistere anche ad intervento conservativo ultimato.

Degrado essenzialmente dovuto:

- ad un'azione fisica indotta dagli agenti atmosferici quali azioni meccaniche erosive dell'acqua piovana (dilavamento, crioclastismo), azioni meccaniche di cristallizzazione dei sali solubili (umidità da risalita), azioni eoliche (fortemente abrasive per il continuo trasporto del particolato atmosferico), fessurazioni, rotture, cedimenti di tipo strutturale: l'impregnante dovrà evitare una rapida disgregazione delle superfici, l'adescamento delle acque ed il loro ristagno all'interno dei materiali;
- ad un'azione chimica, che agisce mediante un contatto, saltuario o continuato, con sostanze attive quali piogge acide ed inquinanti atmosferici (condensazione del particolato atmosferico, croste nere, ecc.): in questo caso l'impregnante dovrà fornire alle superfici un'appropriata inerzia chimica.

La scelta della sostanza impregnante dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle superfici che potranno presentarsi:

- prive di rivestimento con pietra a vista compatta e tenace;
- prive di rivestimento con pietra a vista tenera e porosa;
- prive di rivestimento in cotti a vista mezzanelli e forti;
- prive di rivestimento in cotti a vista albas e porosi;
- prive di rivestimento in cls;
- rivestite con intonaci e coloriture realizzati durante i lavori;
- rivestite con intonaco e coloriture preesistenti.

In presenza di una complessità materico patologico così varia ed eterogenea si dovrà intervenire con grande attenzione e puntualità effettuando preventivamente tutte quelle analisi e diagnosi in grado di fornire indicazioni sulla natura della materia oggetto di intervento e sulle fenomenologie di degrado. Le sostanze da utilizzarsi dovranno pertanto svolgere le seguenti funzioni:

- svolgere un'azione consolidante al fine di accrescere o fornire quelle caratteristiche meccaniche di resistenza al degrado (fisico, chimico, materico, strutturale) che si sono indebolite col trascorrere del tempo, o che non hanno mai posseduto;

- svolgere un'azione protettiva, mediante l'idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche, l'adescamento dell'umidità per risalita o da condensa, la proliferazione da macro e microflora.

In ogni caso la scelta delle sostanze impregnanti sarà effettuata in funzione dei risultati emersi a seguito delle analisi di cui sopra, di prove e campionature condotte secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NORMAL e da quanto indicato dalla D.L. Ogni prodotto dovrà comunque essere sempre preventivamente accompagnato da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad effettuare.

In particolare, le caratteristiche richieste in base al loro impiego, saranno le seguenti:

- atossicità;
- elevata capacità di penetrazione;
- resistenza ai raggi UV;
- buona inerzia chimica nei confronti dei più diffusi agenti inquinanti;
- assenza di sottoprodotti di reazione dannosi;
- comprovata inerzia cromatica (comunque da verificarsi in fase applicativa);
- traspirabilità al vapor d'acqua;
- assenza di impatto ambientale;
- sicurezza ecologica;
- soddisfacente compatibilità fisico-chimica con il materiale da impregnare;
- totale reversibilità della reazione di indurimento;
- facilità di applicazione;
- solubilizzazione dei leganti.

Art. 2.12.1 - Impregnanti per il consolidamento

I prodotti da utilizzarsi per il consolidamento dei manufatti oggetto di intervento fatte salve le prescrizioni relative al loro utilizzo specificate nelle generalità ed alla campagna diagnostica da effettuarsi preventivamente, dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
- resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;
- spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza la formazione di sottoprodotti di reazione pericolosi (sali);
- capacità di fare traspirare il materiale;
- penetrazione in profondità in modo da evitare la formazione di pellicole in superficie;
- "pot-life" sufficientemente lungo in modo da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto.

Composti organici

Possiedono una dilatazione termica diversa da quella dei materiali oggetto di intervento.

Sono tutti dei polimeri sintetici ed esplicano la loro azione grazie ad un'elevata adesività. Possono essere termoplastici o termoindurenti; se termoplastici assorbono bene urti e vibrazioni e soprattutto, non polimerizzando una volta penetrati nel materiale, mantengono una certa solubilità che ne consente la reversibilità; i prodotti termoindurenti hanno invece solubilità pressoché nulla, sono irreversibili, piuttosto fragili e sensibili all'azione dei raggi ultravioletti. Hanno un vasto spettro di impiego: i termoplastici sono impiegati per materiali lapidei, per le malte, per la muratura e per i legnami (nonché per la protezione degli stessi materiali e dei metalli), mentre i termoindurenti vengono impiegati soprattutto come adesivi strutturali.

Alcune resine organiche, diluite con solventi, possiedono la capacità di diffondersi in profondità all'interno dei materiali.

L'utilizzo delle resine organiche sarà sempre condizionato dalle indicazioni fornite dal progetto di conservazione e alla specifica autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Resine epossidiche - Prodotti termoindurenti, con buona resistenza chimica, ottime proprietà meccaniche, eccellente adesività, ma con difficoltà di penetrazione e tendenza ad ingiallire e a sfarinare alla luce solare. Sono impiegate soprattutto per la protezione di edifici industriali, di superfici in calcestruzzo e di manufatti sottoposti ad una forte aggressione chimica, per incollaggi e per consolidamenti strutturali di materiali lapidei, legname, murature.

Sono prodotti bicomponenti (un complesso propriamente epossidico ed una frazione amminica o acida), da preparare a piè d'opera e da applicare a pennello, a tampone, con iniettori o comunque sotto scrupoloso controllo dal momento che hanno un limitato tempo di applicazione.

Il loro impiego dovrà essere attentamente vagliato dall'Appaltatore, dietro espressa richiesta della D.L.

Resine poliuretatiche - Prodotti termoplastici o termoindurenti, a seconda dei monomeri che si impiegano in partenza, hanno buone proprietà meccaniche, buona adesività, ma bassa penetrabilità.

Mescolati con isocianati alifatici hanno migliore capacità di penetrazione nei materiali porosi (hanno bassa viscosità), sono resistenti ai raggi ultravioletti e agli inquinanti atmosferici. Sono spesso usati come alternativa alle resine epossidiche rispetto alle quali presentano una maggiore flessibilità ed una capacità di indurimento anche a 0 °C.

Applicati per iniezione una volta polimerizzati si trasformano in schiume rigide, utili alla stabilizzazione di terreni o all'isolamento delle strutture dai terreni.

Oltre che come consolidanti possono essere impiegati come protettivi e impermeabilizzanti. Infatti, utilizzando l'acqua come reagente, risultano particolarmente adatti per sbarramenti verticali extramurari contro infiltrazioni dando luogo alla formazione di schiume rigide. Si possono impiegare unitamente a gel di resine acriliche per il completamento della tenuta contro infiltrazioni d'acqua. Il prodotto dovrà possedere accentuata idrofilia per permettere la penetrazione per capillarità anche operando su murature umide.

Resine acriliche - Sono composti termoplastici ottenuti polimerizzando gli acidi acrilico, metacrilico e loro derivati. Le caratteristiche dei singoli prodotti variano entro limiti piuttosto ampi in funzione dei tipi di monomero e del peso molecolare del polimero. Per la maggior parte le resine acriliche sono solubili in opportuni solventi organici e hanno una buona resistenza all'invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici. Hanno scarsa capacità di penetrazione e non possono essere impiegate come adesivi strutturali. Possiedono in genere buona idrorepellenza che tende a decadere se il contatto con l'acqua si protrae per tempi superiori alle 100 ore. Inoltre, sempre in presenza di acqua tendono a dilatarsi. Il prodotto si applica a spruzzo, a pennello o per impregnazione.

Metacrilati da iniezione - Le resine acriliche oltre che come consolidanti si possono impiegare come protettivi e impermeabilizzanti. I metacrilati da iniezione sono monomeri liquidi a base di esteri metacrilici che, opportunamente catalizzati ed iniettati con pompe per iniezione di bicomponenti si trasformano in gel polimerici elastici in grado di bloccare venute d'acqua dolce o salmastra. Sono infatti in grado di conferire la tenuta all'acqua di murature interrate o a contatto con terreni di varia natura. Si presentano come soluzioni acquose di monomeri la cui gelificazione viene ottenuta con l'aggiunta di un sistema catalitico in grado di modulare il tempo di polimerizzazione. I gel che si formano a processo avvenuto rigonfiano a contatto con l'acqua, garantendo tenuta permanente. Il prodotto impiegato deve possedere bassissima viscosità (simile a quella dell'acqua) non superiore a 10 mPa.s, essere assolutamente atossico, traspirante al vapore acqueo, non biodegradabile. Il pH della soluzione da iniettare e del polimero finale ottenuto deve essere maggiore o uguale a 7, onde evitare l'insorgere di corrosione alle armature metalliche eventualmente presenti.

A complemento dell'operazione impermeabilizzante possono essere utilizzati poliuretani acquareattivi.

Perfluoropolietilene ed elastomeri fluororati - Collocazione fortemente anomala rispetto ai prodotti precedentemente illustrati. Sono in genere adatti al consolidamento e alla protezione di materiali lapidei e porosi. Sono prodotti che non polimerizzano dopo la loro messa in opera, non subiscono alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non variano le loro proprietà. Non contengono catalizzatori o stabilizzanti, sono stabili ai raggi UV, posseggono buone doti aggreganti, ma anche protettive, risultano permeabili al vapore d'acqua, sono completamente reversibili (anche quelli dotati di gruppi funzionali deboli di tipo ammidico), posseggono scarsa penetrazione all'interno della struttura porosa. Vengono normalmente disciolti in solventi organici (acetone) al 2-3% in peso ed applicati a pennello o a spray in quantità variabili a seconda del tipo di materiale da trattare e della sua porosità.

Resine acril-siliconiche - Uniscono la resistenza e la capacità protettiva delle resine acriliche con l'adesività, l'elasticità, la capacità di penetrazione e la idrorepellenza delle resine siliconiche.

Disciolte in particolari solventi, risultano indicate per interventi di consolidamento di materiali lapidei specie quando si verifica un processo di degrado provocato dall'azione combinata di aggressivi chimici ed agenti atmosferici.

Sono particolarmente adatte per opere in pietra calcarea o arenaria.

Le resine acriliche e acril-siliconiche si dovranno impiegare con solvente aromatico, in modo da garantire una viscosità della soluzione non superiore a 10 cPs, il residuo secco garantito deve essere di almeno il 10%. L'essiccamento del solvente dovrà avvenire in maniera estremamente graduale in modo da consentire la diffusione del prodotto per capillarità anche dopo le 24 ore dalla sua applicazione.

Non dovranno presentare in fase di applicazione (durante la polimerizzazione e/o essiccamento del solvente), capacità reattiva con acqua, che può portare alla formazione di prodotti secondari dannosi; devono disporre di una elevata idrofilia in fase di impregnazione; essere in grado di aumentare la resistenza agli sbalzi termici eliminando i fenomeni di decoesione; non devono inoltre presentare ingiallimento nel tempo, ed essere in grado di resistere agli agenti atmosferici e ai raggi UV. Deve sempre essere possibile intervenire con adatto solvente per eliminare gli eccessi di resina.

Polietilenglicoli o poliessietilene - Sono prodotti termoplastici, molto solubili, usati soprattutto per piccole superfici e su legnami, in ambiente chiuso.

Composti a base di silicio

Estere etilico dell'acido silicico (silicati di etile) - Monocomponente fluido, incolore, si applica in solvente, in percentuali (in peso) comprese fra 60 e 80%. Precipita per idrolisi, dando alcool etilico come sottoprodotto. È una sostanza basso-molecolare a base inorganica in solvente organico.

Viene impiegato soprattutto per arenarie e per pietre silicatiche, ma fornisce ottimi risultati anche su mattoni ed intonaci.

Ha una bassissima viscosità, per cui penetra profondamente anche in materiali poco porosi, va applicato preferibilmente con il sistema a compresse o per immersione; è tuttavia applicabile anche a pennello, a spruzzo con irroratori a bassa pressione, a percolazione. Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto; si potrà ripetere il trattamento dopo 2 o 3 settimane. Il supporto dovrà essere perfettamente asciutto, pulito e con una temperatura tra i 15 e i 20 °C.

Il consolidante completa la sua reazione a seconda del supporto dopo circa 4 settimane con temperatura ambiente di circa 20 °C e UR del 40-50%.

In caso di sovradosaggio sarà possibile asportare l'eccesso di materiale, prima dell'indurimento, con tamponi imbevuti di solventi organici minerali (benzine).

Alcuni esteri silicici, miscelati con silossani, conferiscono una buona idrorepellenza al materiale trattato; costituiscono anche un prodotto di base per realizzare sbarramenti chimici contro l'umidità di risalita.

È molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non viene alterato dai raggi ultravioletti.

Dovrà possedere i seguenti requisiti:

- prodotto monocomponente non tossico;
- penetrazione ottimale;
- essiccamento completo senza formazione di sostanze appiccicose;
- formazione di sottoprodotti di reazione non dannosi per il materiale trattato;
- formazione di un legante stabile ai raggi UV, non attaccabile dagli agenti atmosferici corrosivi;
- impregnazione completa con assenza di effetti filmogeni e con una buona permeabilità al vapor d'acqua;
- assenza di variazioni cromatiche del materiale trattato.

Composti inorganici

Sono certamente duraturi, compatibili con il materiale al quale si applicano, ma irreversibili e poco elastici. Possono inoltre generare prodotti di reazione quali sali solubili. Per questi motivi il loro utilizzo andrà sempre attentamente vagliato e finalizzato, fatte salve tutte le prove diagnostiche e di laboratorio da effettuarsi preventivamente.

Calce - Applicata alle malte aeree e alle pietre calcaree come latte di calce precipita entro i pori e ne riduce il volume.

Non ha però le proprietà cementanti del CaCO_3 che si forma nel lento processo di carbonatazione della calce, per cui l'analogia tra il processo naturale ed il trattamento di consolidamento con calce o bicarbonato di calcio è limitata ad una analogia chimica, poiché tutte le condizioni di carbonatazione (temperatura, pressione, forza ionica, potenziale elettrico) sono molto diverse.

Ne consegue che il carbonato di calcio che precipita nei pori di un intonaco o di una pietra durante un trattamento di consolidamento non necessariamente eserciterà la stessa azione cementante di quello formatosi durante un lento processo di carbonatazione.

Il trattamento con prodotti a base di calce può lasciare depositi biancastri di carbonato di calce sulla superficie dei manufatti trattati, che vanno rimossi, a meno che non si preveda un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce (grassello, scialbature).

Idrossido di bario, Ba(OH)_2 - Si impiega su pietre calcaree e per gli interventi su porzioni di intonaco affrescato di dimensioni ridotte laddove vi sia la necessità di neutralizzare prodotti gessosi di alterazione. L'idrossido di bario è molto affine al CaCO_3 , essendo, in partenza, carbonato di bario BaCO_3 ; reagisce con il gesso per dare BaSO_4 (solfato di bario), che è insolubile. Può dar luogo a patine biancastre superficiali, ha un potere consolidante piuttosto basso e richiede l'eliminazione preventiva degli eventuali sali presenti in soluzione nel materiale.

Non porta alla formazione di barriera al vapore, in quanto non satura completamente i pori del materiale; per lo stesso motivo non esplica un'efficace azione nei confronti della penetrazione di acqua dall'esterno.

Come nel caso del trattamento a base di calce la composizione chimica del materiale trattato cambia solo minimamente; il prodotto consolidante (carbonato di bario, BaCO_3) ha un coefficiente di dilatazione tecnica simile a quello della calcite, è molto stabile ed è praticamente insolubile; se esposto ad ambiente inquinato da anidride solforosa, può dare solfato di bario (BaSO_4), che è comunque un prodotto insolubile. Viceversa non deve essere applicato su materiali ricchi, oltre al gesso, di altri sali solubili, con i quali può combinarsi, dando prodotti patogeni.

Alluminato di potassio, KAlO_2 - Può dare sottoprodotti dannosi. Fra questi si può infatti ottenere idrossido di potassio, che, se non viene eliminato in fase di trattamento, può trasformarsi in carbonato e solfato di potassio, sali solubili e quindi potenzialmente dannosi.

Art. 2.12.2 - Impregnanti per la protezione e l'impermeabilizzazione

I prodotti da usare per l'impermeabilizzazione corticale e la protezione dei materiali dovranno possedere caratteristiche specifiche eventualmente confortate da prove ed analisi da effettuarsi in laboratorio o direttamente in cantiere.

Tali prodotti andranno applicati solo in caso di effettivo bisogno, su murature e manufatti eccessivamente porosi esposti agli agenti atmosferici, all'aggressione di umidità da condensa, di microrganismi animali e vegetali. Le operazioni andranno svolte su superfici perfettamente asciutte con una temperatura intorno ai 20 °C. Si potranno applicare a pennello, ad airless, per imbibizione completa e percolamento. Gli applicatori dovranno agire con la

massima cautela, dotati di adeguata attrezzatura protettiva, nel rispetto delle norme antinfortunistiche e di prevenzione.

I prodotti da utilizzarsi dovranno possedere un basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione; buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici; buona resistenza chimica in ambiente alcalino; assenza di effetti collaterali e la formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali); perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori; traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%; atossicità.

Sarà sempre opportuno ad applicazione avvenuta provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) sulla riuscita dell'intervento onde verificarne l'effettiva efficacia.

Composti organici

Polimeri acrilici e vinilici - Sono prodotti solidi ottenuti per polimerizzazione di un monomero liquido. Il monomero liquido può essere applicato ad una superficie per creare (a polimerizzazione completata) un film solido più o meno impermeabile ed aderente al supporto.

I polimeri con scarso grado di polimerizzazione dispersi in acqua o in solventi organici danno luogo a lattici o emulsioni. Polimeri con basso peso molecolare sempre disciolti in acqua o in solvente organico formano soluzioni trasparenti. Entrambi questi prodotti se applicati come rivestimento in strato sottile permangono come film superficiali dopo l'evaporazione del solvente dal lattice o dalla soluzione. Lattici e soluzioni polimeriche sono spesso combinati con altri componenti quali cariche, pigmenti, opacizzanti, addensanti, plastificanti.

I principali polimeri impiegati per questo tipo di applicazione sono i poliacrilati e le resine viniliche.

I poliacrilati possono essere utilizzati come impregnanti di materiali porosi riducendone consistentemente la permeabilità; sono pertanto impiegabili per situazioni limite quando si richiede l'impermeabilizzazione del materiale da forti infiltrazioni. Sotto forma di lattici vengono utilizzati per creare barriere protettive contro l'umidità oppure applicati come mani di fondo (primer) per migliorare l'adesione di pitturazioni e intonaci.

Le resine viniliche sono solitamente copolimeri di cloruro di acetato di vinile sciolti in solventi. Presentano ottima adesione al supporto, stabilità sino a 60 °C, flessibilità, atossicità, buona resistenza agli agenti atmosferici. Sono però da impiegarsi con estrema cautela e solo in casi particolari in quanto riducono fortemente la permeabilità al vapore d'acqua, posseggono un bassissimo potere di penetrazione, risultano eccessivamente brillanti una volta applicati.

In ogni caso, avendo caratteristiche particolari ricche di controindicazioni (scarsa capacità di penetrazione, all'interno del manufatto, probabile alterazione cromatica dello stesso ad applicazione avvenuta, effetto traslucido), l'utilizzo dei polimeri organici sarà da limitarsi a casi particolari. La loro applicazione si potrà effettuare dietro esplicita richiesta della D.L. e/o degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Resine poliuretatiche - Prodotti termoplastici o termoindurenti a seconda dei monomeri che si impiegano in partenza, hanno buone proprietà meccaniche, buona adesività, ma bassa penetrabilità.

Mescolate con isocianati alifatici hanno migliore capacità di penetrazione nei materiali porosi (hanno bassa viscosità), sono resistenti ai raggi ultravioletti e agli inquinanti atmosferici e garantiscono un'ottima permeabilità al vapore.

Oltre che come consolidanti possono essere impiegate come protettivi e impermeabilizzanti. Infatti utilizzando l'acqua come reagente risultano particolarmente adatte per sbarramenti verticali extramurari contro infiltrazioni dando luogo alla formazione di schiume rigide. Si possono impiegare unitamente a resine acriliche per il completamento della tenuta contro infiltrazioni d'acqua. Il prodotto dovrà possedere accentuata idrofilia per permettere la penetrazione per capillarità anche operando su murature umide.

Metacrilati da iniezione - Sono monomeri liquidi a base di esteri metacrilici che opportunamente catalizzati ed iniettati con pompe per iniezione di bicomponenti si trasformano in gel polimerici elastici in grado di bloccare venute d'acqua dolce o salmastra. Sono infatti in grado di conferire la tenuta all'acqua di murature interrate o a contatto con terreni di varia natura. Si presentano come soluzioni acquose di monomeri la cui gelificazione viene ottenuta con l'aggiunta di un sistema catalitico in grado di modulare il tempo di polimerizzazione. I gel che si formano a processo avvenuto rigonfiano a contatto con l'acqua garantendo tenuta permanente. Il prodotto impiegato deve possedere bassissima viscosità (simile a quella dell'acqua) non superiore a 10 mPa.s, essere assolutamente atossico, traspirante al vapore acqueo, non biodegradabile. Il pH della soluzione da iniettare e del polimero finale ottenuto deve essere maggiore o uguale a 7 onde evitare l'innescio di corrosione alle armature metalliche eventualmente presenti.

A complemento dell'operazione impermeabilizzante possono essere utilizzati poliuretani acquareattivi.

Perfluoropolietere ed elastomeri fluororati - Anch'essi prodotti a doppia funzionalità, adatti per la protezione i primi, per il consolidamento e alla protezione di materiali lapidei e porosi i secondi. Sono prodotti che non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già prepolymerizzati, non subiscono alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non variano le loro proprietà. Non contengono catalizzatori o stabilizzanti, sono stabili ai raggi UV, hanno buone doti aggreganti, ma anche protettive, risultano permeabili al vapore d'acqua, sono completamente reversibili (anche quelli dotati di gruppi funzionali deboli di tipo ammidico), possiedono però scarsa penetrazione all'interno della struttura porosa, se non opportunamente funzionalizzati con gruppi polari (ammidi ed esteri) risultano eccessivamente mobili all'interno del manufatto. Vengono normalmente disciolti in solventi organici

(acetone) al 2-3% in peso ed applicati a pennello o a spray in quantità variabili a seconda del tipo di materiale da trattare e della sua porosità.

Oli e cere naturali e sintetiche - Quali prodotti naturali sono stati usati molto spesso anche anticamente a volte in maniera impropria, ma in determinate condizioni e su specifici materiali ancora danno ottimi risultati per la loro protezione e conservazione con il grosso limite perché di una scarsa resistenza all'invecchiamento.

Inoltre l'iniziale idrorepellenza acquisita dall'oggetto trattato, sparisce col tempo.

L'olio di lino è un prodotto essiccativo formato da gliceridi di acidi grassi insaturi. Viene principalmente usato per l'impregnazione del legno, così pure di pavimenti e materiali in cotto. Gli oli essicativi si usano normalmente dopo essere stati sottoposti a una particolare cottura, per esaltarne il potere essiccativo. L'olio di lino dopo la cottura (250-300 °C) si presenta molto denso e vischioso, con colore giallo o tendente al bruno.

Le cere naturali, microcristalline o paraffiniche, vengono usate quali validi protettivi per legno e manufatti in cotto (molto usate sui cotti le cere steariche bollite in ragia vegetale in soluzione al 20%; sui legni la cera d'api in soluzione al 40% in toluene).

Questi tipi di prodotti prevedono comunque sempre l'applicazione in assenza di umidità, che andrà pertanto preventivamente eliminata. Per le strutture lignee si potrà ricorrere al glicol polietilenico (PEG) in grado di sostituirsi alle molecole d'acqua che vengono allontanate.

Le cere sintetiche, costituite da idrocarburi polimerizzati ed esteri idrocarburi ossidati, hanno composizione chimica, apparenza e caratteristiche fisiche ben diverse da quelle delle cere naturali. Le cere polietilene e polietilenglicoliche sono solubili in acqua e solventi organici, ma non si mischiano bene alle cere naturali ed alla paraffina. Sono comunque più stabili al calore, hanno maggior resistenza all'idrolisi ed alle reazioni chimiche.

Le cere possono essere usate in forma di soluzione o dispersione. ad esempio in trementina, toluolo, cicloesano o etere idrocarburo, oppure sotto forma di miscele a base di cera d'api, paraffina colofonia.

Tutte le cere trovano comunque impiego ristretto nel trattamento dei materiali lapidei e porosi in generale a causa dell'ingiallimento e dell'opacizzazione delle superfici trattate, danno inoltre luogo alla formazione di saponi che scoloriscono l'oggetto trattato se in presenza di umidità e carbonato di calcio, hanno scarsa capacità di penetrazione. Ancora, non vanno usate su manufatti in esterno, esposti alle intemperie ed all'atmosfera, possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti.

Oli e cere vengono normalmente applicati a pennello.

Composti a base di silicio

“Idrorepellenti protettivi siliconici

Costituiscono una numerosa ed importante famiglia di idrorepellenti derivati dalla chimica del silicio generalmente conosciuti come siliconi.

I protettivi siliconici sono caratterizzati da comportamenti e performance tipici delle sostanze organiche come l'idrorepellenza, e nel contempo la resistenza chimico-fisica delle sostanze inorganiche apportate dal gruppo siliconico presente.

I composti organici del silicio (impropriamente chiamati siliconi) agiscono annullando le polarità latenti sulle superfici macrocristalline dei pori senza occluderli, permettendo quindi il passaggio dei vapori, ma evitando migrazioni idriche; la loro azione consiste quindi nel variare la disponibilità delle superfici minerali ad attrarre l'acqua in un comportamento spiccatamente idrorepellente; ciò avviene depositando sulle pareti dei pori composti organici non polari.

Idrorepellenti

La pluralità del potere idrorepellente è direttamente proporzionale alla profondità di penetrazione all'interno dei materiali. Penetrazione e diffusione del fluido dipendono quindi dalla porosità del materiale, dalle dimensioni e dalla struttura molecolare della sostanza impregnante in relazione al corpo poroso (pesanti macromolecole ricche di legami incrociati non attraversano corpi molto compatti e si depositano in superficie), la velocità e catalisi della reazione di condensazione (prodotti fortemente catalizzati possono reagire in superficie senza penetrare nel supporto); dell'alcalinità del corpo poroso; delle modalità di applicazione.

In questo grande gruppo di protettivi esistono prodotti più o meno indicati per l'impiego nel settore edile. Le cattive informazioni e l'inopportuna applicazione dei protettivi ha causato notevoli danni al patrimonio monumentale ed è pertanto fondamentale la conoscenza delle caratteristiche dei prodotti da utilizzare. Essi dovranno comunque sempre garantire elevato potere penetrante, resistenza ai raggi ultravioletti ed infrarossi, resistenza agli agenti chimici alcalini, assenza di effetti filmanti che causino una riduzione della permeabilità al vapore d'acqua superiore al 10% determinata secondo norme DIN 52615, assenza di variazioni cromatiche superficiali, assenza di effetto perlante (fenomeno prettamente superficiale ottenuto velocizzando la polimerizzazione del prodotto, che non rappresenta indizio di qualità e funzionalità dell'impregnazione).

Il loro utilizzo sarà sempre subordinato a specifica autorizzazione della D.L., degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, e comunque ad appropriata campagna diagnostica preventiva effettuata sul materiale da trattare.

Siliconati alcalini - Di potassio o di sodio, meglio conosciuti come metil-siliconati di potassio o di sodio ottenuti dalla neutralizzazione con soda potassica caustica dell'acido silicico. Sono solitamente commercializzati in soluzioni acquose al 20-30% di attivo siliconico. Sono prodotti sconsigliati per l'idrofobizzazione ed il restauro di materiali lapidei a causa della formazione di sottoprodotti di reazione quali carbonati di sodio e di potassio: sali solubili.

La scarsa resistenza chimica agli alcali della resina metil-siliconica formatasi durante la reazione di polimerizzazione non offre sufficienti garanzie di durata nel tempo e rende i metil-siliconati non adatti alla protezione di materiali alcalini.

I siliconati di potassio possono trovare applicazione nella idrofobizzazione del gesso.

Resine silconiche - Generalmente vengono utilizzati silossani o polisilossani, resine metil-silconiche diluite con solventi organici quali idrocarburi, xilolo, ragie minerali. La concentrazione da utilizzare non deve essere inferiore al 5% in peso. Si possono impiegare prodotti già parzialmente polimerizzati che subiscono ulteriore polimerizzazione tramite idrolisi una volta penetrati come i metil-etossi-polisilossani. Oppure impiegare sostanze già polimerizzate non più suscettibili di formare ulteriori legami chimici quali i metil-fenil-polisilossani. I polimeri silconici hanno una buona stabilità agli agenti chimici, bassa tensione superficiale (in grado quindi di bagnare la maggior parte delle superfici con le quali vengono a contatto), stabilità alla temperatura e resistenza agli stress termici, buona elasticità ed alta idrorepellenza.

Si prestano molto bene per l'impregnazione di manufatti ad alta porosità, mentre si incontrano difficoltà su substrati compatti e poco assorbenti a causa dell'elevato peso molecolare, comunque abbassabile. Inoltre le resine metil-silconiche a causa della bassa resistenza agli alcali sono da consigliarsi su materiali scarsamente alcalini.

In altri casi è possibile utilizzare le resine silconiche come leganti per malte da ripristino per giunti.

Silani - Più esattamente alchil-alcossi-silani, pur avendo struttura chimica simile alle resine silconiche differenziano da queste ultime per le ridotte dimensioni delle molecole del monomero (5-10 Å, uguali a quelle dell'acqua), la possibilità di solubilizzazione in solventi polari quali alcoli o acqua (con la possibilità quindi di trattare superfici umide), la capacità di reagire con i gruppi idrossilici presenti nei materiali contenenti silicati (calce) che porta alla formazione di un film ancorato chimicamente al supporto in grado di rendere il materiale altamente idrofobo.

Sono pertanto monomeri reattivi polimerizzati in situ ad elevatissima penetrazione (dovuta al basso peso molecolare), capaci quindi di idrofobizzare i capillari più piccoli e di combattere la penetrazione dei cloruri e dei sali solubili. Sempre grazie al basso peso molecolare gli alchil-alcossi-silani sono utilizzati concentrati normalmente dal 20 al 40% in peso, in casi particolari si possono utilizzare anche al 10%; ciò permette di ottenere ottime impregnazioni su supporti particolarmente compatti e scarsamente assorbenti. Gli alchil-silani devono comunque essere impiegati su supporti alcalini e silicei, risultano pertanto adatti per laterizi in cotto, materiali lapidei e in tufo, intonaci con malta bastarda. Da non impiegarsi invece su marmi carbonatici e intonaci di calce. Danno inoltre ottimi risultati: alchil-silani modificati sul travertino Romano e Trachite; alchil-silani idrosolubili nelle barriere chimiche contro la risalita capillare.

Non sono mai da impiegarsi su manufatti interessati da pressioni idrostatiche.

Oligo silossani - Polimeri reattivi a basso peso molecolare ottenuti dalla parziale condensazione di più molecole di silani. Sono generalmente alchil-silossani costituiti da 4 a 10 atomi di monomeri silanici condensati, prepolimeri reattivi che reagendo all'interno del materiale con l'umidità presente polimerizzano in situ, formando resine silconiche. Ne risulta un silano parzialmente condensato, solubile in solventi polari che si differenzia dal silano esclusivamente per le dimensioni molecolari da 2 a 6 volte superiori. Migliora così il potere di penetrazione rispetto alle resine silconiche, restando comunque inferiore nei confronti dei silani. I silossani oligomeri pertanto sono d'impiego generalmente universale e, a differenza delle resine silconiche, manifestando più alta penetrazione garantiscono una migliore protezione nel tempo di supporti compatti e scarsamente assorbenti. Gli alchil-silossani oligomeri grazie al gruppo alchilico, generalmente con medio o alto peso molecolare, offrono sufficienti garanzie contro l'aggressione delle soluzioni alcaline.

Organo siliconi - Gli idrorepellenti organosilconici appartengono ad una categoria di protettivi idrorepellenti per l'edilizia costituiti da molecole di alchil-silani condensate con gruppi organici idrofili.

Questo permette di ottenere sostanze idrorepellenti solubili in acqua, con soluzioni stabili per 3-6 mesi, facilmente applicabili e trasportabili. Vista la completa assenza di solventi organici non comportano alcun rischio tossicologico per gli applicatori e per l'ambiente. Inoltre l'utilizzo di protettivi diluibili in acqua permette di trattare supporti leggermente umidi.

3. INDAGINI PRELIMINARI AL PROGETTO DI CONSERVAZIONE

Art. 3.1 - Generalità

La prima indispensabile operazione da prevedere nell'allestire un progetto di conservazione di un qualsiasi manufatto architettonico è la predisposizione di un progetto di indagine conoscitiva.

Un ante-progetto, o progetto preventivo, capace di leggere e rivelare l'oggetto interessato all'intervento conservativo, fornendo tutte quelle indicazioni utili a trattare in maniera corretta e puntuale la materia, le patologie in aggressione, le cause al contorno.

Tale progetto di indagine diagnostica non preluderà esclusivamente all'intervento vero e proprio, ma ne dovrà far parte, accompagnando passo passo le operazioni previste, verificandone l'efficacia, suggerendo eventualmente nuove soluzioni.

Non è di fatto oggi possibile prescindere dalla conoscenza preliminare, dall'ascolto dell'edificio oggetto di cura, in modo da coglierne a pieno lo status materico, fisico e patologico, da leggerne le componenti, le stratificazioni, i segni del tempo che lo hanno reso unico e pertanto irriproducibile.

Il progetto di intervento dovrà quindi nascere dall'approccio al costruito, dal tipo di indagine preventiva che si mette in campo, partendo dall'analisi storica dell'edificio, eseguendone il rilievo in scala adeguata, definendone compiutamente la fisicità, identificando e quantificando materiali e patologie.

Il rilievo delle geometrie, la raccolta di dati storici, la diagnosi preventiva, l'indagine scientifica, l'identificazione fisico-chimica risultano però essere operazioni parziali, che divengono utili solo una volta interrelate l'una con l'altra e rese funzionali all'obiettivo che si vuole perseguire. Solo confrontando, sovrapponendo e correlando le informazioni acquisite tramite specifiche competenze e professionalità sarà possibile redarre documenti e relazioni integrali decisivi per predisporre un corretto progetto di conservazione. L'ante-progetto o progetto diagnostico andrà predisposto per tempo (come tra l'altro prevede la nuova legge sugli Appalti all'interno del progetto definitivo; art. 16, par. 4, Merloni ter), in modo da restituire un'anamnesi adeguata dell'oggetto indagato, da diagnosticare con certezza l'evento patologico fornendo preziose informazioni in grado di guidare e confortare il progetto esecutivo di intervento.

Le opportunità tecnologiche che la diagnostica offre oggi al progettista sono tali e tante da consentirgli di ottenere una conoscenza molto analitica di una qualsiasi situazione locale, arrivando addirittura alla lettura puntuale degli elementi che caratterizzano il materiale e l'eventuale patologia in agguato. Lo stesso vale per le tecniche di rilievo, che possono avvalersi di strumenti anche molto sofisticati in grado di restituire l'edificio in maniera precisa e puntuale. Tramite l'impiego dell'elettronica è inoltre possibile tradurre e sovrapporre la conoscenza della fabbrica al disegno geometrico, dimensionando e quantificando in modo rapido e diretto le operazioni da compiere associandole, oltre che al quadro patologico, anche alle specifiche di intervento.

Accanto al patrimonio operativo di esperienze e di saperi della tradizionale "pratica del restauro" è possibile utilizzare una serie di strumentazioni, di apparecchiature anche di derivazione aeronautica, spaziale ed energetica in grado di fornire, in special modo con tecniche non distruttive, tutta una serie di indicazioni-rilevazioni, utilissime nel campo della conservazione del patrimonio architettonico ed artistico. Allo stesso modo l'imponderabilità del "grado di pericolo" cui è soggetto un bene culturale esposto all'azione dei fattori di degrado, oggi è superabile mediante sistemi di rilevazione e di indagine capaci di esprimere, in termini statistici-matematici, l'andamento delle condizioni di conservazione. Tramite l'impiego coordinato e preordinato di tecniche e sistemi è possibile determinare il quadro delle dinamiche dei processi di degrado, cogliere la portata alterante specifica di ciascun fattore di deterioramento e conseguentemente restituire graficamente un preciso progetto di conservazione.

Art. 3.2 - Tecniche e strumenti

Generalità

La scienza e la tecnica moderna legate alle metodologie di indagine, sono oggi in grado di fornire precise indicazioni di tipo qualitativo e quantitativo non solo sulla bontà dei materiali da costruzione e sulle strutture murarie, ma anche sul loro stato di conservazione e sul quadro patologico presente. Le indagini da effettuarsi sull'esistente prevedono comunque, per certa parte, il prelievo di porzioni del materiale da esaminare. Una prassi da adottarsi solo quando non sia possibile procedere in maniera differente pur di acquisire nozioni indispensabili al progetto di conservazione. Ad ogni buon conto non è ammissibile il ricorso sistematico a tecniche di tipo distruttivo.

Risulta quindi indispensabile suddividere le metodologie di indagine innanzi tutto in base alla loro portata distruttiva, per impiegare preferibilmente quelle che possono essere definite non distruttive, o minimamente distruttive.

Le prove non distruttive si svolgeranno in situ, senza richiedere prelievi, mentre le prove cosiddette minimamente distruttive prevedono il prelievo di pochi grammi di materiale, che si possono recuperare a terra, a seguito di distacco, o in prossimità delle parti più degradate.

Non bisogna in ogni caso dimenticare che anche interventi apparentemente non distruttivi, agendo direttamente sul manufatto con stimoli di varia natura (elettromagnetica, acustica, radioattiva...), se non dosati opportunamente o se usati in maniera impropria possono risultare dannosi.

Ogni tipo di indagine andrà quindi preventivamente discussa con la Direzione Lavori relativamente al tipo di operazione da effettuarsi e alla zona del prelievo. Campagne ed analisi si potranno affidare ad istituti, ditte, laboratori specializzati che dovranno operare secondo specifica normativa e le più recenti indicazioni NORMAL. La scelta degli operatori dovrà sempre essere discussa ed approvata dal progettista, dalla D.L. e dagli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Tecnologie non distruttive

Ulteriormente suddivise in indagini passive (o non invasive) e indagini attive (o invasive).

Le indagini passive registrano e quantificano fenomeni fisici rilevabili senza interventi artificiali di stimolazione.

L'indagine passiva più comune è la ripresa con strumenti ottici, sia pure con pellicole speciali. Altre tecniche, come la magnetometria, analizzano dall'esterno, senza che siano necessarie ulteriori sollecitazioni, particolari aspetti fisici, nella fattispecie la ferromagnetività naturale, che permette di determinare presenza, dimensione, geometria e consistenza di materiali metallici.

Vengono invece definite indagini attive le tecniche che richiedono sollecitazioni artificiali diverse (meccaniche, elettriche, termiche, acustiche) a seconda dei fenomeni da rilevare. Alcuni strumenti hanno un campo di applicazione sia attivo che passivo, come la termovisione, che è comunque efficace anche senza sollecitazioni sull'oggetto, ma vede migliorata la qualità del rilevamento se la superficie da indagare viene preventivamente riscaldata.

Tra le più comuni si potranno utilizzare:

- misurazione della temperatura e dell'umidità dell'aria e della superficie di un materiale;
- l'identificazione e la quantificazione dei parametri relativi alla presenza di sostanze chimiche inquinanti;
- la magnetometria;
- il rilevamento fotografico (o telerilevamento) che comprende l'applicazione di fotografia (normale, IR, parametrizzata [colorimetria]), fotogrammetria, termovisione, endoscopia.

Misurazione delle temperature e dell'umidità - Si avvale di una strumentazione piuttosto semplice e di facile impiego (termometri ed igrometri), in grado di fornire valori ambientali (quadro termo-igrometrico) e valori relativi alle superfici. Per la determinazione dei valori relativi alle parti interne dei singoli elementi tecnologici si ricorre a strumenti più sofisticati, come sonde e misuratori del coefficiente di trasmissione termica.

I risultati ottenibili sono comunque inferiori a quelli che si possono raggiungere con prove distruttive, in particolare con la pesatura di campioni, umidi e dopo essiccazione. La quantità di materiale da prelevare e la necessità di provvedere ad una campionatura piuttosto estesa rende comunque preferibili i metodi strumentali. In particolare l'umidità superficiale di un corpo può essere misurata con metodi elettronici e con l'umidimetro a carburo di calcio.

Controllo dei parametri e degli inquinanti atmosferici - Oltre alla temperatura e all'umidità i parametri atmosferici da indagare per valutare l'interazione con i materiali sono la radiazione solare, l'intensità e la direzione prevalente del vento, la qualità-frequenza-intensità delle precipitazioni e la pressione atmosferica. I principali inquinanti atmosferici da individuare e quantificare sono: anidride carbonica, anidride solforosa e solforica, ossidi di azoto, ozono ed ossidanti, acido cloridrico, acido fluoridrico, acido solfidrico, polveri totali, acidità del materiale particellare, solfati, cloruri, nitrati, nitriti, gli ioni calcio, sodio, potassio, magnesio, ferro, ammoniacale ed alcuni ioni metallici presenti in tracce nel materiale particellare.

La campagna di rilevamento, che dovrebbe protrarsi per mesi o addirittura per anni, si avvale di particolari stazioni rilevatrici, fisse o mobili, del tipo di quelle già ampiamente utilizzate per il rilevamento degli agenti inquinanti in aree urbane.

Telerilevamento - Con questo termine si raggruppano tutti i metodi ottici di osservazione e ripresa superficiale, fra i quali hanno grande diffusione la fotografia in b/n, a colori e all'infrarosso (IR), la fotogrammetria, la termografia e l'endoscopia.

La fotografia in B/N e a colori produce una documentazione che consente di verificare ed integrare il rilievo ed è molto utile per mettere in evidenza particolari delle soluzioni architettoniche e strutturali e degli effetti delle patologie di degrado. La fotografia a colori, corredata delle notazioni parametriche del sistema Munse e delle denominazioni con sistemi tipo ISCC.NBS, consente anche di disporre di dati oggettivi e confrontabili sulle caratteristiche cromatiche.

La fotografia all'infrarosso (IR) utilizza pellicole fotografiche sensibili anche alle emissioni di radiazioni elettromagnetiche infrarosse (infrarosso vicino, invisibile all'occhio umano). Consente di evidenziare le discontinuità che, per caratteristiche proprie o del sistema, assorbono e diffondono calore in maniera differente rispetto all'intorno. La sensibilità di queste pellicole ne impedisce l'impiego in ambito non strettamente professionale. Vanno impiegate con filtri rossi e non forniscono sempre un'immagine nitida, se le parti da rappresentare non sono state sottoposte preventivamente a riscaldamento uniforme (artificiale o solare).

Fotogrammetria - Consente la ripresa e la restituzione di immagini depurate dalle distorsioni causate dalle ottiche fotografiche. Nelle applicazioni più comuni prevede l'impiego di banchi ottici per il raddrizzamento di immagini, secondo un piano di coordinate cartesiane, o sul montaggio di un gran numero di riprese raddrizzate. Il risultato è una rappresentazione fotografica in scala e assonometrica su due dimensioni. Per realizzare la visione assonometrica su tre dimensioni, impiegata per le riprese aeree e la redazione di planimetrie territoriali quotate (aereofotogrammetrico) si ricorre alla lettura simultanea con obiettivi di diverso colore (magenta e ciano).

Termovisione - È la tecnologia di indagine non distruttiva che più di altre propone risultati interpretabili in tempo reale, con notevole economia e nel rispetto assoluto dei manufatti. È particolarmente utile nello studio del degrado dei rivestimenti perché evidenzia discontinuità distacchi, bollature, stratigrafie.

È particolarmente versatile ed utile nello studio del degrado di rivestimenti e murature consentendo di individuare la stratificazione delle fasi costruttive di un edificio individuando (sotto intonaco) elementi architettonici di materiali diversi, tamponamenti di porte e finestre, la tipologia della tessitura del paramento, cavità, discontinuità murarie, distacchi, vuoti e sbollature sotto lo strato corticale, andamento delle dispersioni termiche, andamento delle tubazioni e degli impianti esistenti, zone interessate dall'umidità. Indubbi i vantaggi di tale tipo di indagine che permette letture in tempo reale, a distanza e senza interventi distruttivi.

La termovisione permette la visualizzazione di immagini non comprese nella banda del visibile (radiazioni elettromagnetiche comprese tra 0,4 e 0,75 micron) ma estese nel campo dell'infrarosso ed in particolare alla regione spettrale compresa tra 2 e 5,6 micron (infrarosso medio e lontano). I migliori risultati oggi si ottengono utilizzando strumenti sensibili nel lontano infrarosso in quanto è il più lontano possibile dallo spettro della luce visibile e quindi il meno "disturbato". Il metodo si basa sul rilevamento delle radiazioni elettromagnetiche, emesse da tutti i corpi con temperatura superiore allo zero assoluto, consentendo di visualizzare su un monitor la distribuzione della temperatura superficiale (mappa termica o termogramma). Ad ogni materiale, caratterizzato da uno specifico comportamento termico, compete una altrettanto specifica emissione di calore consistente in radiazioni elettromagnetiche. Una telecamera registra tali emissioni, le rimanda ad un elemento ad alta sensibilità, un rivelatore IR in antimonio di indio o di tellurato di cadmio e mercurio che necessita di una temperatura d'esercizio stabile ed il più bassa possibile. I sistemi di raffreddamento in uso sono sistemi criogenici che impiegano azoto liquido (-196 °C) o argon (-186 °C), sistemi termoelettrici (-70 °C) o a cicli frigoriferi (-197 °C). Attualmente sono disponibili apparecchiature che non necessitano di raffreddamento utilizzando rilevatori IR microbolometrici, quindi molto più versatili, affidabili, silenziosi e con alimentazione propria (batteria interna). La mappa termica è ottenuta mediante l'utilizzazione del segnale elettrico generato dall'elemento sensibile e dipendente dall'intensità del profilo radioattivo della superficie sotto esame. Ne deriva sul monitor un'immagine in bianco e nero che utilizza una scala di tonalità di grigi (grey-step), normale (le tonalità scure indicano le zone fredde e quelle chiare le zone calde) o invertita. Un cursore, spostabile in qualsiasi punto dell'immagine, indica la temperatura assoluta del punto. Il termogramma può essere trasferito, mediante un'interfaccia, su monitor a falsi colori, con una scala di riferimento che riporta sia il campo di temperatura inquadrato per ogni colore sia le temperature assolute di ogni colore. Della medesima immagine è possibile avere una stampa fotografica tipo Polaroid, oppure una sua digitalizzazione per successive elaborazioni al computer.

La termografia permette quindi un rilevamento in tempo reale trasferibile immediatamente su supporto fotografico. Non comporta contatto diretto con il manufatto, se non per riscaldarne la superficie (con elementi radianti portatili) in modo da esaltare l'emissione termica superficiale.

L'impiego della termovisione è particolarmente utile per individuare, in presenza di superfici intonacate, le discontinuità presenti nell'apparato murario.

È possibile leggere la tessitura degli elementi che compongono la muratura, identificando aperture tamponate, canne fumarie, elementi strutturali, quali pilastri, architravi, archi di scarico, canalizzazioni. Macchie di colore più scuro o più chiaro rivelano la presenza di umidità localizzata, in quanto le zone asciutte e quelle umide danno luogo a differenti flussi di emissione termica. Analogamente è possibile individuare, sugli intonaci e sulle pietre calcaree, le zone solfatate, dove la temperatura puntuale è differente rispetto a quella di zone carbonatiche. Anche le parti di intonaco distaccate dal supporto sono riconoscibili in base a diversi valori emissivi, così come ogni elemento con peso specifico diverso dal materiale circostante (pietre, zanche, travi in legno).

La termografia permette quindi di arricchire il rilievo con mappe tematiche: la mappa delle fughe termiche (ponti termici e zone di condensa), la mappa delle discontinuità strutturali, la mappa dell'umidità, il quadro fessurativo, la mappa delle aggressioni biologiche.

Endoscopia - Gli endoscopi sono strumenti ottici, elettronici o a fibre ottiche progettati per raggiungere cavità inaccessibili per l'osservazione diretta, appositamente realizzati con diametri molto piccoli, da qualche centimetro a pochi millimetri. Sono dotati di sistema di illuminazione dell'area e di sistemi fotografici o di registrazione applicabili all'oculare.

Nelle indagini di tipo non distruttivo si ricorre all'endoscopia per esaminare otticamente condotti o parti cave di piccole dimensioni quali condutture di impianti, intercapedini, strutture nascoste, cavità situate nella muratura, canne fumarie, appoggi di solai. Possono essere impiegati anche come mezzi di indagine minimamente distruttiva effettuando carotaggi di piccolissime dimensioni su manufatti di vario genere onde verificarne la consistenza fisico-materica tramite osservazione diretta (murature, travi lignee, ecc.)

Magnetometria - Viene impiegata per l'individuazione di materiali ferrosi inglobati in altro materiale o, su scala territoriale, per individuare i punti di discontinuità del campo magnetico. Il principio su cui si basa è quello dell'induzione elettromagnetica, ovvero della capacità di un campo magnetico di indurre una corrente elettrica e viceversa. Lo strumento più diffuso basato sul rilevamento dei materiali ferrosi per inagnetometria è il metal-detector. È composto da un oscillatore che genera una corrente ad alta frequenza che passa in una bobina. In presenza di metalli si ha un forte assorbimento di corrente, proporzionale al quadrato della distanza. In altri modelli la bobina emette a frequenza costante e il campo magnetico che ne deriva è intercettato da una seconda bobina, con assetto perpendicolare alla prima. In presenza di metalli il campo si deforma e tale deformazione viene registrata

dalla seconda bobina. Questo tipo di rilevatore individua metalli a distanze maggiori rispetto al primo tipo, ma non fornisce informazioni sulla geometria degli oggetti individuati. Esiste poi un altro tipo di rilevatore, che si basa sullo smorzamento di un circuito risonante in parallelo: una corrente alternata scorre in una bobina sonda e crea un campo allungato sull'asse della sonda stessa, nel piano in cui giace; gli oggetti metallici alterano il campo con un rapporto diametro-copertura dell'oggetto metallico.

Colorimetria - Utilizza in parte la fotografia parametrizzata e in parte le indagini effettuate in laboratorio. La fotografia parametrizzata consiste nel riprendere il manufatto con il corredo di colorimetri standardizzati secondo la scala Munse, come è stato specificato nel paragrafo dedicato alla fotografia a colori. Le prove di laboratorio (vedi oltre) permettono invece di giungere alla determinazione chimica delle cariche e dei pigmenti contenuti nel rivestimento.

Indagini non distruttive invasive

Indagini soniche mediante fonometri - I fonometri sono costituiti da una sorgente di emissione di onde, da un captatore dell'energia sonora (velocimetro, accelerometro, microfono) e da un apparecchio di rilevazione dei segnali, composto da un amplificatore, un analizzatore di segnali, un oscilloscopio ed un registratore. Il suo uso si basa sul rilevamento della deformazione delle onde elastiche in un corpo sollecitato a compressione e/o a taglio: la velocità di propagazione delle onde elastiche diminuisce infatti con la diffusione delle stesse in un corpo; la diminuzione è maggiore se vi è una diminuzione dell'omogeneità del mezzo. Le frequenze registrate sono quindi in funzione delle caratteristiche e delle condizioni di integrità della muratura. In particolare le lesioni e le condizioni di degrado tagliano le frequenze più alte del segnale acustico.

I fonometri possono essere impiegati per verificare le condizioni di integrità di una muratura e del suo rivestimento, anche se è problematico distinguere i dati relativi all'una e all'altro.

Indagini ultrasoniche - L'auscultazione dinamica consente di conoscere con buona approssimazione la qualità e l'eterogeneità dei materiali da costruzione (pietre, mattoni, intonaco), sia in opera che su campione.

Il metodo di misura si basa sulla determinazione della velocità di propagazione delle onde sonore attraverso il mezzo studiato e sulla registrazione del segnale ricevuto. Le misure si effettuano mediante strumentazioni elettroniche composte da un'emittente a frequenza fissa, piezoelettrica, da un cronometro di grandissima precisione (al decimo di milionesimo di secondo) e da un oscilloscopio che visualizza il segnale acustico che ha attraversato il materiale.

Sono possibili tre tipi di misure: le misure, della velocità del suono in superficie, le misure radiate e le misure in trasparenza. Le prime consentono di individuare le alterazioni superficiali del materiale; le seconde consentono di accertare l'omogeneità del materiale a diversa distanza dalla superficie e sono possibili quando sia la superficie interna sia quella esterna sono accessibili; infine, le misure in trasparenza consentono di esaminare il materiale in tutto il suo spessore.

Le frequenze utilizzate sono comprese generalmente fra 0,5 e 15 MHz: le onde a bassa frequenza penetrano maggiormente in profondità rispetto a quelle ad alta frequenza, che danno però una risoluzione migliore.

Con le indagini ultrasoniche è possibile determinare il grado di omogeneità di un materiale, la presenza di vuoti o fessure, la presenza ed il numero degli strati sovrapposti di materiale, il modulo elastico ed il rapporto dinamico di Poisson.

Rilievo della luminosità - Può essere effettuato con un luxmetro (misura l'illuminazione degli oggetti), con un ultraviometro (misura la radiazione ultravioletta), con termometri e termografi.

Unità di misura:

- Illuminazione

lux (lx): illuminazione prodotta dalla sorgente di 1 candela su una superficie normale ai raggi, alla distanza di 1 m.

- Flusso luminoso

lumen (lm): flusso che attraversa l'area di 1 mq illuminata da 1 lux, ossia è il prodotto dell'illuminazione unitaria della superficie moltiplicata per l'area (1 lumen = 1 lux x 1 mq).

- Temperatura di colore

temperatura alla quale si deve portare il corpo nero perché emetta una radiazione colorata

luce calda: T bassa < 3000 K (emissione UV trascurabile)

luce fredda: T alta > 5000 K (emissione UV dannosa per gli oggetti - si usano dei filtri)

lampada a filamento di carbone: 2920 K

lampada a filamento di tungsteno: 3220 K

faro alogeno: 3400 K

tubo fluorescente (neon): da 4200 K a 6500 K.

- Parametri di riferimento standard

illuminazione dell'ambiente max 300 lx (max 300 lx per pietre e metalli; 150-180 lx per dipinti, lacche, legno, cuoio);

temperatura di colore sui 4000 K; umidità relativa 55-60%.

Tecnologie minimamente distruttive

Prove chimiche - La composizione di una malta deve essere determinata con analisi calcimetriche, che prevedono la dissoluzione del campione in acido cloridrico, a concentrazioni e a temperature variabili. Sono, quindi da conteggiarsi il contenuto di Ca, Mg, Al, Fe (espressi in ossidi) e della silice; il dosaggio del gas carbonico legato ai carbonati; il dosaggio per perdita al fuoco dell'acqua d'assorbimento e di costituzione e delle sostanze organiche eventualmente presenti. Tale analisi può essere integrata da una determinazione per via stechiometrica della percentuale di carbonato di Ca; il residuo insolubile dà la percentuale dell'aggregato. Con questi metodi tradizionali di determinazione delle caratteristiche chimiche non è però possibile giungere ad identificare convenientemente il tipo di legante presente e l'interazione con altri elementi costitutivi, quali il coccio pesto e la silice.

All'indagine tradizionale è possibile affiancare tecniche che si basano sul riconoscimento e sul dosaggio dei vari elementi per via atomica. Tali tecniche uniscono alla grande precisione la caratteristica di poter utilizzare campioni minimi di materiale (bastano infatti generalmente mg 100-150 di sostanza per effettuare una serie completa di analisi).

Analisi per diffrazione con raggi x - Permette di identificare la struttura di una sostanza cristallina e di individuare i singoli componenti cristallini presenti in una miscela in fase solida. La possibilità di individuare un componente è legata al suo stato cristallino: una sostanza ben cristallizzata può essere individuata con uno scarto probabilistico dell'1-2%, mentre per una sostanza non perfettamente cristallizzata lo scarto può arrivare anche al 10%. Allo scarto probabilistico si dà il nome di limite di rilevabilità.

L'analisi diffrattometrica, se il contenuto di acqua del campione non è stato alterato, permette anche di rilevare sali a diverso grado di idratazione. Il campione essiccato o glicolato può anche dare indicazioni sulle percentuali di materiali argillosi presenti.

Microscopia ottica - Permette l'osservazione del colore delle componenti, del rilievo delle singole sostanze, dei caratteri morfologici, quali la forma, l'abito cristallino, la sfaldatura, le fratture e le deformazioni, le patologie da stress meccanico (NORMAL 14/83).

Microscopia elettronica a scansione (SEM) con microsonda X - Consente di individuare la distribuzione dei componenti e dei prodotti di alterazione. I risultati sono documentati con fotografie, mappe di distribuzione degli elementi e diagrammi.

Studio petrografico in sezione sottile - Consiste nel realizzare sezioni di materiale estremamente sottili, che vengono osservate al microscopio elettronico a scansione (SEM). Si procede quindi all'analisi modale tramite conta per punti. Con questa analisi si integrano e si verificano i dati delle indagini diffrattometriche e si discrimina la calcite, che può competere tanto all'inerte come al legante.

Fluorescenza ai raggi X (spettrometria da fluorescenza da raggi X - XRF) - Permette di ricavare dati qualitativi e quantitativi sulla presenza della maggior parte degli elementi atomici elementari, a secco o in soluzione.

Analisi conduttometriche - Consentono di valutare il contenuto globale di sali solubili in acqua presenti in un campione, senza fornire però indicazioni più precise sul tipo di sale.

Analisi spettrofotometriche - Si basano sulla proprietà dei corpi di assorbire ed emettere radiazioni di lunghezza d'onda peculiare nei campi del visibile, dell'ultravioletto e dell'infrarosso. Ogni elemento possiede uno spettro caratteristico. Nel campo del visibile (0,4-0,8 micron) e dell'ultravioletto (0,000136-0,4 micron) la spettrofotometria permette l'identificazione ed il dosaggio dei singoli ioni presenti in una soluzione acquosa. Nel campo dell'infrarosso (0,8-400 Nm) vengono identificati i composti organici presenti nel materiale.

Prove fisiche

Analisi della distribuzione granulometrica - Su un'aliquota di campione, portata a peso costante, si effettua un attacco con EDTA a caldo fino alla totale disgregazione del campione stesso; si procede quindi alla setacciatura per via umida con un setaccio con luce netta tra le maglie intorno a 60 micrometri. La frazione maggiore viene successivamente vagliata a secco tramite una cascata di setacci con luce netta fra le maglie da 60 a 4000 micrometri. L'elaborazione statistica dei dati granulometrici permette di costruire istogrammi di distribuzione e di calcolare i più importanti parametri.

Determinazione della porosità - Per porosità si intende il rapporto fra volume dei pori aperti ed il volume apparente del campione. Si esprime generalmente in percentuale. Per determinare la porosità di un materiale si impiegano soprattutto porosimetri a mercurio e picnometri Beckman.

La porosità è un parametro molto importante nella valutazione dello stato di degrado di un rivestimento, in quanto riguarda direttamente la sua permeabilità all'acqua, che è il principale veicolo e causa di alterazioni nello stato di equilibrio (NORMAL 4/80).

Determinazione della curva di assorbimento di acqua e della capacità di imbibizione - Vengono ricavate per immersione totale del campione in acqua e per pesate successive, ma richiedono quantità di materiale-campione piuttosto elevate (NORMAL 7/81).

Determinazione della capacità di adescamento - Consiste nel misurare la quantità d'acqua assorbita per capillarità da un campione posto a contatto con una superficie liquida. Metodologia e inconvenienti sono i medesimi della prova di determinazione della curva di assorbimento e della capacità di imbibizione (NORMAL 11/82).

Prove meccaniche

Sono prove in grado di determinare le caratteristiche legate alla resistenza a compressione, a trazione, a flessione, della durezza e della resistenza all'abrasione del materiale, ma richiedono generalmente una quantità piuttosto elevata di materiale. Si possono così riassumere:

- prove di compressione monoassiale per la determinazione del modulo di elasticità e della resistenza a compressione monoassiale;
- prove di compressione triassiale (nel caso di strutture particolarmente complesse);
- prove di taglio (in modo particolare in corrispondenza dei corsi di malta);
- prove di carico puntiforme (poin-load) per la determinazione, in modo speditivo, dell'indice di resistenza di ciascun litotipo;
- prove di compressione a lunga durata per l'eventuale esame delle caratteristiche reologiche del materiale;
- prove di trazione diretta o indiretta.

I risultati delle prove di tipo meccanico devono essere correlate con i risultati di analisi di tipo fisico ed in modo particolare con la misura di velocità di propagazione delle onde elastiche lungo l'asse del campione.

Prove meccaniche in situ - Possono essere eseguite mediante l'impiego di appositi martinetti piatti che permettono di determinare in situ i parametri meccanici necessari per il progetto di consolidamento statico.

- Misura dello stato tensionale. La misura dello stato di sollecitazione viene effettuata mediante la tecnica del rilascio delle tensioni provocato da un taglio piano eseguito in corrispondenza di un corso di malta. Uno speciale martinetto piatto viene inserito all'interno del taglio e la pressione viene gradualmente aumentata sino a compensare la deformazione di chiusura rilevata al seguito del taglio. La pressione all'interno del martinetto moltiplicata per la costante caratteristica del martinetto, fornisce il valore della sollecitazione preesistente.
- Determinazione delle caratteristiche di deformabilità e resistenza. Dopo l'esecuzione della prima fase di prova sopra descritta viene inserito un secondo martinetto piatto parallelo al primo in modo da delimitare un campione di muratura di dimensioni di circa cm 50x50. I due martinetti, collegati ad una apparecchiatura oleodinamica, permettono di applicare al campione interposto uno stato di sollecitazione monoassiale. È così possibile determinare il modulo di deformabilità di un campione di grandi dimensioni, in condizioni indisturbate.
- Determinazione della resistenza al taglio lungo i corsi di malta. Dopo aver inserito i due martinetti piatti per l'applicazione della sollecitazione normale ai corsi di malta, viene estratto un mattone inserendo al suo posto un martinetto idraulico per l'applicazione della sollecitazione al taglio. A prova terminata il mattone può essere riposizionato.

Queste prove di tipo meccanico si potranno realizzare anche a consolidamento effettuato per verificarne l'effettiva riuscita.

Art. 3.3 - Diagnosi e materiali

Art. 3.3.1 - Generalità

Una campagna diagnostica effettuata su qualsiasi tipo di materiale deve permettere innanzitutto di individuare le caratteristiche fisico-chimiche oltre che del materiale specifico, anche dei prodotti derivati dai processi di alterazione, per redigere successivamente una mappatura del degrado sulla base degli elaborati di rilievo.

L'anamnesi storica può essere molto utile in quanto arriva sovente a documentare trattamenti protettivi o di finitura realizzati in passato, quando non si riescono addirittura a recuperare informazioni che testimoniano la provenienza ed il tipo di lavorazione del materiale.

Art. 3.3.2 - Pietre, terrecotte, intonaci e malte: generalità

Si dovrà, in prima istanza, effettuare un'indagine morfologica macroscopica dell'oggetto e del suo deterioramento (campagna di rilevamento fotografico a vari livelli, analisi visiva, tattile), per giungere ad approfondite analisi chimico-fisiche-meccaniche in grado di determinare la composizione mineralogica e chimica di tipo qualitativo e quantitativo.

Lo stesso tipo di operazione dovrà essere effettuata sugli agenti patogeni in aggressione, su croste nere e depositi, su eventuali organismi infestanti vegetali o animali per identificarne compiutamente le caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche e microbiologiche.

Si dovranno pertanto eseguire prove e/o saggi di tipo non distruttivo o minimamente distruttivo, da eseguirsi in situ o da condursi in prevalenza in laboratorio, tramite il prelievo di campioni secondo le modalità poste in essere dalle normative vigenti. Per le analisi di tipo non distruttivo si rimanda alle specifiche di cui all'Art. 3.1.

Per effettuare le analisi mineralogico-petrografiche e chimico-fisiche opportune sarà in generale necessario disporre di campionature (carotature) delle dimensioni minime di cm 2x3x1 per ogni tipo di materiale o per materiali identici che manifestino comunque peculiarità nello stato di degrado. Qualora fossero presenti croste nere o depositi consistenti sarà necessario rimuoverli parzialmente mediante grattamento con opportuni utensili, fino ad ottenere

una quantità di 0,5/1 g per l'eventuale effettuazione di analisi chimiche e diffrattometriche. Analogamente sarà utile mettere a disposizione frammenti di materiale ricoperto dalla crosta nera per l'analisi di sezioni stratigrafiche lucide o sottili.

Saranno inoltre necessari frammenti di croste di polveri e di eventuali manifestazioni di origine biologica visibili ad occhio nudo per effettuare tutte quelle prove di laboratorio che si riterranno opportune.

Nelle operazioni di campionamento sopra descritte sarà necessario danneggiare il meno possibile i manufatti, si cercherà pertanto di sfruttare la morfologia del degrado per l'asportazione meno violenta possibile dei campioni (croste nere già sollevate, materiale già fessurato, staccato, ecc.).

Nel caso di macchie di natura organica sarà necessario ricorrere all'estrazione dei campioni mediante impacchi o campioni inerti (sepiolite, polpa di carta, ecc.) predisposti con opportuni solventi per effettuare le successive analisi sulle soluzioni da queste separate.

Sarà inoltre necessario porre una particolare cura nel prelevamento di campioni biologici che dovrà essere effettuato sterilmente, necessitando di strumenti campionatori, contenitori sterili e manipolazioni accurate, per la conservazione ed il trasporto sino a laboratorio specializzato, trasporto che dovrà avvenire il più sollecitamente possibile.

Potranno essere effettuati esami in situ atti a dare indicazioni sui materiali costituenti la fabbrica; questi esami andranno effettuati su superfici fresche di rottura od opportunamente pulite. In generale, però, sarà necessario prelevare provini per consentire l'esame petrografico in adatto laboratorio (mediante microscopio polarizzatore, impiegando metodologie tradizionali di analisi mineralogica in sezione sottile).

Questi studi porteranno alla identificazione di minerali principali ed accessori del materiale prelevato, della sua microstruttura e tessitura, delle eventuali microfaune fossili, ecc., e quindi permetteranno di stabilire la genesi del materiale e la eventuale provenienza determinando l'età del manufatto ed altre caratteristiche quali la granulometria intrinseca e la porosità.

In alcuni casi si dovranno predisporre provini per l'analisi diffrattometrica-X per la determinazione delle fasi cristalline presenti sia nel materiale sia nei depositi superficiali o sulle eventuali croste nere. Potrebbero inoltre essere necessarie analisi al microscopio stereoscopico o a quello elettronico a scansione, qualora si dovesse lasciare inalterato il campione prelevato che potrà quindi essere sfruttato per esami successivi.

Art. 3.3.2.1 - Pietre

Le indagini da effettuarsi su elementi lapidei dovrebbero permettere di individuare le caratteristiche fisico-chimiche dei manufatti in modo da evidenziarne gli stati di alterazione identificando nel contempo le cause intrinseche ed estrinseche di tipo diretto o indiretto generatrici del degrado.

Per acquisire questi ultimi dati la ricerca deve partire dalla raccolta di informazioni relative alla storia del manufatto, al luogo di provenienza e di estrazione, alle modalità di posa e messa in opera, al tipo di trattamento che ha eventualmente subito col passare degli anni (tecniche di finitura, applicazione di prodotti protettivi, consolidanti, ecc.). Nel caso in cui il materiale venga impiegato con compiti strutturali diventa necessario individuare ed evidenziare il quadro fessurativo valutandone la staticità o la dinamicità per mezzo di opportuna strumentazione (fessurimetri, deformometri, crepemetri), indagando in parallelo sulle cause del dissesto.

In seguito si potranno valutare ulteriori approfondimenti diagnostici di primo e secondo livello da effettuarsi in situ e tramite analisi di laboratorio.

Le procedure, la terminologia e la prassi da adottare per l'esecuzione di prove diagnostiche farà sempre riferimento alle raccomandazioni NORMAL relative ai materiali lapidei naturali e precisamente:

- descrizione delle alterazioni macroscopiche: Normal 1/88;
- campionamento e conservazione dei campioni: Normal 3/80, 2/80;
- caratterizzazione chimico-mineralogico-petrografico-morfologica: 16/84, 6/81, 8/81, 10/82, 14/83, 28/88, 13/83, 32/89, 34/91;
- caratterizzazione fisica: Normal 4/80, 7/81, 11/85, 21/85, 22/86, 29/88, 33/89, 40/93, 43/93, 44/93, 42/93;
- agenti biologici del degrado: Normal 19/85, 9/88, 25/87, 24/86.

Si forniscono in ogni caso indicazioni generali per una serie di analisi suscettibili di ulteriori approfondimenti, ed eseguibili a due livelli di acquisizione di dati.

Primo livello

Ispezione visiva - Utile per stabilire eventuali priorità di intervento e definire le successive indagini diagnostiche di secondo livello. Deve essere effettuata osservando direttamente la superficie esterna dei manufatti lapidei mettendo in evidenza tutte le particolarità che hanno importanza ai fini di una prima diagnosi di tipo macroscopico: colore, abito cristallino, piani di sfaldatura, piani di sedimentazione, patologie di degrado, tipo mineralogico. Si potrà successivamente ricorrere a prove ottiche non distruttive (processi termovisivi e fotografici, all'infrarosso, a luce radente) per individuare discontinuità, alterazioni superficiali, fessurazioni, identificazione di corpi estranei utilizzati per la fermatura, il consolidamento o il fissaggio dei manufatti, zone imbibite d'acqua distaccate o comunque alterate.

Secondo livello

Indagini di dettaglio - In base alle informazioni acquisite al primo livello di indagine si potranno effettuare analisi approfondite a carattere minimamente distruttivo utili a determinare con precisione le caratteristiche fisico-chimiche del materiale. Si dovrà così prevedere il prelievo di almeno un campione delle dimensioni di cm 2x3x1 (pochi grammi). La portata distruttiva potrà essere ulteriormente limitata avendo l'accortezza di prelevare anche parti di roccia degradata, magari in frammenti già distaccati dalla matrice (croste nere, esfoliazioni), eventuali talli o parti di organismi biologici presenti e, mediante impacchi di sostanze solventi, anche campioni delle sostanze presenti come macchie. I campioni così prelevati dovranno essere sottoposti alle seguenti analisi di laboratorio.

Analisi petrografica-mineralogica (Normal 10/82, 14/83): osservando al microscopio, in luce polarizzata o riflessa, sezioni sottili di materiale si è in grado di definirne la struttura mineralogica, la classificazione petrologica, la genesi e la provenienza, identificare i legami fra le diverse sostanze, osservare modificazioni provocate dal degrado. In particolare l'analisi diffrattometrica ai raggi X su preparati di polveri (Normal 24/91) sarà utile per definire la composizione mineralogica principale (feldspati, quarzo, calcite, dolomite, silicati, ecc.), la composizione cristallina delle croste nere, oltre ad identificare componenti argillose. Quest'ultima operazione sarà indispensabile per stabilire il tipo di pulitura da adottare. Vista la spiccata tendenza dell'argilla ad imbibirsi, aumentando il volume, saranno infatti da evitarsi puliture che impieghino l'acqua. L'indagine qualitativa degli elementi chimici può essere inoltre effettuata utilizzando la fluorescenza ai raggi X e la spettrofotometria all'infrarosso.

Analisi chimica: finalizzata a completare la caratterizzazione dei materiali lapidei, individuare la presenza di particolari elementi o prodotti applicati in passato, ricercare le cause ed i meccanismi di degrado, valutare l'efficacia degli interventi conservativi (Normal 28/88). Mediante la somministrazione di prodotti reagenti è possibile risalire alla composizione chimica di partenza. L'analisi calcimetrica permette, per esempio, di valutare il contenuto dei carbonati tramite un attacco acido (Normal 32/89), l'analisi cromatografica di determinare la presenza di sostanze saline.

Analisi fisica: è utile per determinare i principali parametri fisici del materiale lapideo con prove quantitative e semiquantitative. Mediante misure dirette di peso e volume effettuate su campioni, è possibile determinare la massa volumica apparente e reale, la porosimetria (Normal 4/80), la capacità di assorbimento (per immersione totale e per capillarità: Normal 7/81, 11/85), di imbibizione e di saturazione del materiale. Si possono inoltre acquisire informazioni sulla permeabilità al vapor d'acqua (Normal 21/85), sulla misura e propagazione del suono mediante prove soniche ed ultrasoniche capaci di fornire indicazioni sulle discontinuità presenti nel materiale direttamente correlabili alla velocità di propagazione del suono (Normal 22/86). Ancora è possibile effettuare la caratterizzazione colorimetrica, parametrizzando la luce prodotta da una sorgente tarata e riflessa dal materiale tramite l'impiego di specifica apparecchiatura elettronica (Normal 43/93). L'indagine risulta utile per il controllo di variazioni cromatiche a seguito di trattamenti, lavorazioni, processi di invecchiamento artificiali.

Analisi meccanica: eseguibile nel caso in cui si riscontrino effettivi problemi legati alla staticità, alla resistenza e alla deformabilità del materiale. Sono normalmente analisi di tipo distruttivo o minimamente distruttivo. Si potranno eseguire prove in situ utilizzando essenzialmente apparecchiature sclerometriche capaci di determinare la durezza superficiale del materiale localizzando così aree di minor resistenza meccanica, da sottoporre eventualmente a successive prove di laboratorio. Altre analisi di tipo meccanico potranno effettuarsi in laboratorio su specifici provini carotati per determinare la resistenza a compressione (monoassiale e triassiale) e della resistenza a trazione (effettuabile anche in situ misurando puntualmente la forza necessaria ad estrarre tasselli ad espansione inseriti ad hoc).

Analisi biologica: indagine da eseguirsi sulla microflora autotrofa ed eterotrofa ed in grado di identificare le caratteristiche morfologiche degli organismi in aggressione. Si effettueranno tramite rilevazione visiva utilizzando la microscopia (stereomicroscopio, microscopio ottico, elettronico a scansione e a trasmissione: Normal 19/85) o ricorrendo a colture su terreni selettivi (Normal 9/88, 25/87).

Art.- 3.3.2.2 - Terrecotte

L'indagine diagnostica da effettuarsi sui materiali in cotto, pur risultando molto simile a quella sui materiali lapidei e sugli intonaci, risulta certamente più complessa. Nella maggior parte dei casi, infatti, i manufatti in laterizio fanno parte di un sistema murario integrato (letti di malta, murature miste, a sacco, strutture portanti o paramenti di tamponamento o rivestimento) che denuncia caratteristiche differenti relativamente alla tipologia impiegata. Lo studio preliminare deve in ogni caso permettere di individuare le caratteristiche fisico-chimiche dei manufatti in modo da evidenziarne gli stati di alterazione identificando nel contempo le cause intrinseche ed estrinseche di tipo diretto o indiretto generatrici del degrado.

Come per gli altri materiali risulta indispensabile conoscere la genesi storico-costruttiva del manufatto acquisendo informazioni relative alla provenienza, alle modalità di posa e messa in opera, al tipo di trattamento che ha eventualmente subito col passare degli anni (tecniche di finitura, applicazione di prodotti protettivi, consolidanti, ecc.). Nella maggior parte dei casi i laterizi vengono impiegati con compiti strutturali: diventa così per lo più necessario svolgere un'indagine di tipo statico onde individuare ed evidenziare l'eventuale quadro fessurativo valutandone la staticità o la dinamicità per mezzo di opportuna strumentazione (fessurimetri, deformometri, crepemetri), conoscere e calcolare i carichi d'esercizio, indagare sulle cause del dissesto tramite approfondimenti

diagnostici. Altro fattore determinante per il degrado dei manufatti in cotto è la presenza di umidità che andrà attentamente monitorata.

In seguito si potranno valutare ulteriori approfondimenti diagnostici di primo e secondo livello da effettuarsi in situ e tramite analisi di laboratorio.

Primo livello

Ispezione visiva - Indispensabile per stabilire eventuali priorità di intervento e definire le successive indagini diagnostiche di secondo livello. L'osservazione diretta della superficie esterna servirà per mettere in evidenza tutte le particolarità che hanno importanza ai fini di una prima diagnosi di tipo macroscopico: colore, piani di sfaldatura, piani di sedimentazione, sfarinamento, presenza di efflorescenze saline, presenza di patologie in genere (muschi, licheni, croste nere, macchie, depositi, degrado dei letti di malta). Si potrà successivamente ricorrere a prove ottiche non distruttive (apparecchi termovisivi e fotografici, all'infrarosso, a luce radente) per individuare discontinuità, alterazioni superficiali, fessurazioni, identificazione di corpi estranei utilizzati per la fermatura, il consolidamento o il fissaggio dei manufatti, zone imbibite d'acqua e distaccate o comunque alterate.

Secondo livello

Indagini di dettaglio - Analisi a carattere minimamente distruttivo da eseguirsi sulla base delle informazioni acquisite al primo livello, utili a determinare con precisione le caratteristiche fisico-chimiche del materiale e degli agenti patogeni in aggressione.

Indagini in situ - Utili a determinare la presenza di umidità e del contenuto d'acqua come meglio specificato all'Art. 3.3.1. (apparecchi a costante dielettrica, al carburo di calcio, rilevatori di condensazione, di temperature superficiali), di fornire indicazioni sulle discontinuità presenti nel materiale effettuando misurazioni di tipo sonico e ultrasonico direttamente correlabili alla velocità di propagazione del suono. Indagini endoscopiche onde verificare l'eventuale modalità di posa in opera di setti murari a sacco o da rivestimento.

Natura del materiale e determinazione del contenuto di sali - Nel caso si abbisognasse di conoscere la natura del materiale oggetto dell'intervento e se la crosta nera e le efflorescenze contengono o meno solfati o quali altri sali solubili si potrà effettuare direttamente in cantiere la seguente prova: si disporrà di bisturi per grattare il materiale in aggressione, di un mortaietto di porcellana per polverizzarla, di una serie di provette e di reagenti come segue:

- acqua distillata;
- acido cloridrico (HCl) al 10%;
- acido nitrico (HNO₃) al 10%;
- acido solforico (H₂SO₄) concentrato (96%);
- due sali solubili al 5% di cloruro di bario (BaCl₂) e nitrato di argento (AgNO₃): si preparano pesando g 5 dei due sali e sciogliendoli in due boccette in cui si versano circa cc 100 di acqua distillata;
- solfato ferroso (FeSO₄) solido in cristallini.

Si saggerà il materiale in oggetto direttamente in situ su una superficie fresca o in un punto dove non è coperto da patologie o su un campioncino polverizzato nel mortaio. Se aggiungendo poche gocce di acido cloridrico si avrà una rapida effervescenza si potrà concludere che il materiale è ricco di carbonato di calcio; se l'effervescenza è debole il materiale sarà di tipo dolomitico o marnoso, arenaria a cemento calcareo, malta di calce idraulica; nessuna effervescenza indicherà che il materiale sarà di natura silicatica, graniti, beole, laterizi senza residui carbonatici ecc.

Per esaminare le polveri di croste nere sarà necessario portare le stesse in provette addizionandole con qualche cc di acqua distillata e agitare a lungo. Per la ricerca di solfati si aggiungeranno due o tre gocce di acido cloridrico, si agiterà ancora lasciando poi riposare sino a decantazione del solido rimasto indissolto, si verseranno poche gocce di cloruro di bario: un precipitato bianco-grigio di solfato di bario indicherà la presenza di solfati, che saranno più abbondanti quanto più intorpidisce la soluzione.

Analogamente si opererà per i cloruri, utilizzando acido nitrico e poi nitrato di argento: anche in questo caso un precipitato bianco latte, voluminoso, di cloruro di argento attesterà la presenza di questi sali.

Per valutare la presenza di nitrati la prova si effettuerà nel mortaio, disponendo in questo pochi cristallini di solfato ferroso, poi una goccia della soluzione acquosa ottenuta dalla crosta ed una di acido solforico concentrato; se si formerà un anello bruno attorno ai cristalli di solfato ferroso sarà certa la presenza di nitrati.

Analisi di laboratorio - Si dovrà prevedere il prelievo di piccole carote di circa cm 2x3x1 (pochi grammi) per ogni tipo di materiale o per materiali identici che comunque manifestino peculiarità nello stato di degrado, avendo eventualmente l'accortezza di prelevare anche parti degradate, magari in frammenti già distaccati dalla matrice (croste nere, esfoliazioni). I campioni così prelevati dovranno essere sottoposti ad analisi petrografica-mineralogica per mezzo di osservazione in sezione sottile al microscopio, in grado di identificare i minerali principali ed accessori, la microstruttura e tessitura, la granulometria e la porosità. Anche qui si potrà ricorrere all'analisi diffrattometrica ai raggi X per la determinazione delle fasi cristalline presenti sia nel materiale che nelle croste nere.

Analisi chimica: sarà necessario effettuare analisi chimiche dei materiali che verificheranno il contenuto totale di Ca, Mg, Fe, Al, Si, Na, K, P, ed eventualmente Ti, Mn, Sr. I provini prelevati saranno tali da garantire la effettuabilità delle

analisi opportune. Sarà inoltre necessario fare il prelevamento di campioni per analisi di croste nere e di efflorescenze saline che sappiano evidenziare la qualità e la quantità dei sali solubili, in particolare di solfati, cloruri e nitrati, per avere a disposizione una sostanziale idea del grado di pericolosità delle croste e delle efflorescenze e predisporre l'utilizzo degli agenti pulenti adatti alla loro rimozione.

Analisi fisica: è utile per determinare i principali parametri fisici delle murature in laterizio con prove quantitative e semiquantitative. Mediante misure dirette di peso e volume effettuate su campioni, è possibile determinare la massa volumica apparente e reale, la porosità, la capacità di assorbimento (per immersione totale e per capillarità), di imbibizione e di saturazione del materiale. Si possono inoltre acquisire informazioni sulla permeabilità al vapore d'acqua.

Analisi meccanica: eseguibile nel caso in cui si riscontrino effettivi problemi legati alla staticità, alla resistenza e alla deformabilità del materiale. Sono normalmente analisi di tipo distruttivo o minimamente distruttivo da effettuarsi direttamente sull'apparecchio murario e/o su campioni cubici di muratura di cm 4x4x4 (laterizio, malta-laterizio). Si potranno eseguire prove sulla durezza superficiale del materiale, che mettano in evidenza le proprietà fisico-meccaniche della superficie esposta e no, da effettuare prima delle operazioni di pulitura.

È infatti dimostrato che su alcuni tipi di materiale da costruzione, per effetto dell'esposizione agli agenti atmosferici, si ha un indurimento superficiale che può avere un effetto protettivo sul materiale o peggiorarne la conservazione (distacco o sfogliamento per disomogeneità di comportamento chimico-fisico con il materiale sottostante). Alcuni metodi di pulitura tendono a diminuire la durezza dello strato di superficie (spray di acqua, ecc.), altri a conservarla (impacchi di attapulgite, ecc.).

Sarà quindi necessario controllarne l'esistenza con successive misure di durezza superficiale, prima e dopo la pulitura, e verificare la preservazione dello strato indurito con test alternati di permeabilità all'acqua e al vapore (per esempio mediante misure di velocità di evaporazione dell'acqua).

Test e prove potranno essere effettuati in laboratori specializzati mediante il prelevamento di campioni ad hoc o sul monumento stesso. Lo strumento da utilizzarsi per la prova di durezza superficiale sarà lo sclerometro di Martens, costituito da una punta d'acciaio gravata da un peso variabile che, trascinata mediante una manopola regherà il manufatto; più il materiale è tenero e più la punta si affonda nello stesso tracciando un largo solco. Le dimensioni del solco saranno poi determinate mediante un tubo microscopico dotato di micrometro. Prove di questo tipo, mettendo in evidenza la presenza di uno strato indurito e l'eventuale diminuzione di durezza superficiale dovuta alla pulitura, consentiranno di valutare l'eventuale necessità di consolidamenti mediante resine opportune o di modificare il metodo di pulitura stesso.

Un'altra caratteristica tecnica che sarà necessario evidenziare mediante prove opportune è la resistenza all'usura sia del materiale incrostante (crosta nera, incrostazione calcarea, ecc.) sia di quello base sottostante.

Sarà inoltre necessaria l'eventuale valutazione di altre caratteristiche quali la porosità del materiale, che consentirà di giudicare la capacità di assorbimento d'acqua dello stesso in merito ad eventuale trattamento di pulizia mediante acqua nebulizzata.

Analisi biologica: indagine da eseguirsi sulla microflora autotrofa ed eterotrofa in grado di identificare le caratteristiche morfologiche degli organismi anche non visibili ad occhio nudo (solfobatteri, nitrobatteri, attinomiceti e funghi microscopici). Si effettueranno tramite rilevazione visiva utilizzando la microscopia (stereomicroscopio, microscopio ottico, elettronico a scansione e a trasmissione) o ricorrendo a colture su terreni selettivi.

Art. 3.3.2.3 - Intonaci e malte

La diagnostica per le malte e per gli intonaci sarà analoga a quella utilizzata per le pietre per quanto riguarda l'analisi chimico-fisica. Tuttavia una malta ha un livello funzionale, nell'ambito di un manufatto edilizio, molto più complesso di quello di un elemento lapideo. La malta interagisce direttamente con il supporto e con gli altri strati (se vi sono) di intonaco, rappresenta l'interfaccia fra elementi costruttivi e fra questi e l'ambiente, determinando i flussi di interscambio (igrotermici, atmosferici, idrici).

Per conoscere le caratteristiche e lo stato di conservazione di una malta non potrà essere sufficiente l'analisi delle singole componenti ma sarà necessario ricorrere alla valutazione dei vari livelli prestazionali.

Come per la pietra le procedure, la terminologia e la prassi da adottare per l'esecuzione di prove diagnostiche farà riferimento alle raccomandazioni NORMAL comuni ai materiali lapidei naturali e precisamente:

- descrizione delle alterazioni macroscopiche: Normal 1/88;
- campionamento e conservazione dei campioni: Normal 3/80;
- caratterizzazione chimico-mineralogico-petrografico-morfologica: 16/84, 8/81, 14/83, 13/83, 34/91;
- caratterizzazione fisica: Normal 4/80, 7/81, 11/85, 21/85, 22/86, 29/88, 33/89, 40/93, 43/93, 44/93, 42/93;
- agenti biologici del degrado: Normal 19/85, 9/88, 25/87, 24/86.

Tuttavia segnaliamo ulteriori raccomandazioni nate specificamente per i materiali lapidei artificiali:

- terminologia tecnica di definizione e descrizione delle malte: Normal 23/86, 23/87;
- descrizione chimico-mineralogico-petrografico-morfologica: Normal 12/83, 15/84;
- caratterizzazione: Normal 27/88, 26/87, 31/89, 32/89.

Si forniscono in ogni caso indicazioni generali per una serie di analisi suscettibili di ulteriori approfondimenti, ed eseguibili a tre livelli di acquisizione di dati.

- il primo livello dovrà indagare la funzionalità del sistema, con metodi prevalentemente ottici;
- il secondo sarà rivolto alla determinazione delle caratteristiche del materiale;
- il terzo dovrà studiare le interazioni interne alla malta e fra questa e l'intorno.

Primo livello

L'esame visivo e tattile consentirà, anche nel caso delle malte, di indirizzare la successiva campagna diagnostica e di ricavare i primi dati elementari: aspetto esterno, presenza di patologie di degrado (polverizzazione, alveolizzazione, distacchi, bollature, colonie di organismi biopatogeni).

Per approfondire l'analisi al livello dello stato funzionale del sistema ci si potrà avvalere in modo particolare di tecniche di telerilevamento, della termovisione e della fotogrammetria, per individuare le caratteristiche del supporto ed eventuali zone degradate non visibili a occhio nudo (parti distaccate o umide).

Secondo livello

Si potrà ricorrere ad una serie di prove non distruttive o minimamente distruttive per determinare parametri che descrivono le capacità prestazionali globali dell'intonaco.

Pesando campioni di materiale si preciseranno:

Densità - Assoluta ρ_a e relativa ρ_r , ovvero massa volumica reale ed apparente, rapporti tra massa del materiale e volume reale o apparente, quest'ultimo comprensivo del volume fra pori aperti e chiusi. Variazioni nel valore della massa volumica reale indicano la formazione di nuovi composti o la perdita di materiale per azioni patologiche.

Peso specifico - Varia, per le malte, da 2,50 a 2,70, mentre non sempre è possibile determinare sperimentalmente quello delle singole componenti, per cui si usa ricorrere a valori standard in rapporto al tipo di materiale impiegato (peso di volume e peso in mucchio).

Setacciando gli stessi campioni è possibile determinare la granulometria degli aggregati, ossia la distribuzione percentuale delle frazioni di aggregato con diverso diametro. È uno dei parametri più importanti, perché influisce sulle più importanti caratteristiche prestazionali dei rivestimenti. L'elaborazione statistica dei dati granulometrici (che si sviluppano su scala semilogaritmica) porta a istogrammi di distribuzione e alla determinazione di importanti parametri (per esempio l'indice di dispersione, il grado di simmetria, l'indice di acutezza).

Negli intonaci la granulometria degli aggregati varia fra i 60 e i 4000 millimicron.

Porosità - È un altro parametro fondamentale, perché influenza notevolmente gli scambi igrotermici con l'ambiente. Si definisce come rapporto percentuale tra il volume dei pori aperti ed il volume apparente. Il volume reale si misura con picnometri (porosimetri) di tipo Beckman, mentre il volume apparente si ricava con picnometri a mercurio.

La porosità negli intonaci dipende dalla forma degli aggregati e dalla quantità di legante presente. Maggiore è la sfericità dei granuli e minore è la porosità della malta. La presenza di legante in grande quantità e la lavorazione a ferro o a spatola limitano notevolmente la porosità di un impasto, che normalmente è compreso fra 34% e 40%.

Dalla porosità dipendono anche la capacità di assorbimento, il coefficiente di assorbimento, la permeabilità all'aria, all'acqua e al vapore acqueo.

Capacità di assorbimento - È l'attitudine di un materiale ad assorbire acqua, che viene fissata nelle cavità interne. Come è noto l'altezza della risalita capillare è legata poi all'evaporazione della stessa acqua di risalita: il livello massimo sarà determinato dal raggiungimento di una superficie bagnata che garantisce evaporazione di una quantità di acqua pari a quella assorbita dal terreno.

Permeabilità - Si misura con strumenti denominati permeametri. I permeametri si distinguono in due categorie: a carico costante e a carico variabile.

La permeabilità di un rivestimento è determinante per le condizioni del sistema murario: una grande permeabilità consente alla muratura di respirare ma può portare all'imbibizione di acqua piovana; una permeabilità molto ridotta comporta l'instaurarsi di una barriera al vapore, che provoca tensioni superficiali dovute al gradiente di pressione fra interno ed esterno e può portare a distacchi superficiali, a condense interne e ad una alterazione generale delle condizioni di equilibrio.

Coefficiente di permeabilità " k " - Dipende anche dalla tessitura del mezzo poroso e dalla viscosità del fluido. In generale si riscontra una correlazione diretta con la granulometria del materiale e con la coesione delle singole particelle.

Una notevole importanza riveste anche la considerazione del parametro μ , che indica la resistenza alla diffusione del vapore d'acqua. Il valore μ di un intonaco tradizionale si aggira intorno a 15-17 (negli intonaci deumidificanti μ vale circa 12, mentre gli intonaci cementizi raggiungono il valore 20).

Con prove di laboratorio è possibile stabilire anche l'igroscopicità di una malta (fenomeno di assorbimento di vapore acqueo provocato dalla presenza di elementi solubili), la conducibilità termica e le proprietà meccaniche. I valori della resistenza meccanica sono però determinabili solo con prove a rottura di campione, che vanno quindi di norma evitate, a meno che il dato sperimentale non sia essenziale per la buona riuscita dell'intervento. Le proprietà meccaniche dipendono soprattutto dal grado di coesione dell'impasto, dalla presenza di umidità e dallo stato di alterazione, per cui spesso la conoscenza di queste caratteristiche è necessaria per orientare anche le prove di

resistenza. Indicativamente la resistenza a compressione di una malta da rivestimento varia fra 2 e 3 N/mm², mentre la resistenza a flessione è compresa fra 0,5 e 1,2 N/mm².

Con prove interamente non distruttive (parametrizzazione Munsell) si può invece specificare il colore di un impasto, anche se queste prove si applicano per lo più ai rivestimenti pittorici.

La caratterizzazione delle proprietà fisiche e chimiche di un intonaco avviene su base petrografica. I parametri fisici di cui tenere conto sono: densità, peso specifico, granulometria.

L'analisi chimica permette invece di identificare e di quantificare le sostanze presenti. Viene svolta su campioni ridotti (pochi grammi) da analizzare con le stesse modalità precisate per i materiali lapidei.

Terzo livello

Prende in esame le interazioni con l'intorno e con le altre componenti tecnologiche; spesso ci si limita a determinare le caratteristiche fisico-chimiche del materiale riducendone artificiosamente la complessità, rinunciando a considerare i fenomeni interattivi. Col risultato che in molti cantieri di restauro si considera sufficiente, per avere buoni rappezzati e buone stuccature e stilature, riprendere e ripetere la composizione della malta esistente anche nei nuovi impasti. Senza considerare l'importanza che la lavorazione e l'applicazione può avere per il comportamento futuro di una malta.

Alcune operazioni diagnostiche sulle malte sono comunque molto complesse: per esempio è particolarmente difficile determinare il comportamento e lo stato di interazione fisico fra i diversi strati di un intonaco. È possibile comunque realizzare dei modelli di studio che si avvicinano notevolmente alla realtà, pur mantenendo una certa approssimazione.

Bisogna però ricordare come questi parametri non siano ottenibili con il solo impiego di tecniche diagnostiche non distruttive e di facile applicazione.

Art. 3.3.2.4 - Legni

Le prove diagnostiche sui manufatti in legno saranno indirizzate alla determinazione delle caratteristiche dell'essenza, alla precisazione delle condizioni statiche, dello stato di conservazione e delle specifiche patologie di degrado.

Le indagini dovranno basarsi su un sopralluogo con attento esame visivo dei manufatti e delle condizioni al contorno, sulla misurazione delle caratteristiche igrotermiche dell'ambiente, sull'impiego di strumenti atti a determinare l'entità di eventuali dissesti, sul prelievo di materiale oggetto di biodeterioramento.

Per determinare il tipo di essenza e, conseguentemente, le condizioni adeguate al mantenimento di uno stato di equilibrio, si potrà fare ricorso a tecniche minimamente distruttive, che prevedono il prelievo di un ridotto quantitativo di materiale.

Le indagini da effettuarsi si possono dividere essenzialmente in due livelli utili all'acquisizione di dati speditivi di prima approssimazione ed in analisi di dettaglio utili alla puntuale valutazione dello stato di degrado di strutture e manufatti. Risulta ovvio che tutte le analisi richiedono che la struttura da valutare sia il più possibile accessibile e che la superficie del legname risulti pulita, senza strati di pitturazioni, verniciature e trattamenti che ne impediscano la visibilità.

Primo livello

Ispezione visiva - Risulta certamente utile per stabilire eventuali priorità di intervento e definire le successive indagini diagnostiche di approfondimento. Deve essere effettuata osservando direttamente la superficie esterna degli elementi e dei manufatti lignei mettendo in evidenza tutte le particolarità che hanno importanza ai fini di una prima diagnosi di tipo macroscopico. Si potranno pertanto identificare la specie legnosa, i caratteri morfologici, i difetti e le anomalie, il degrado apparente. Andranno valutate le alterazioni subite nel corso del tempo dal materiale, lo stato dei collegamenti tra i singoli elementi, andranno identificati i difetti in grado di condizionare le proprietà meccaniche del legno quali nodi, fessurazioni, deviazione della fibratura, dovrà essere rilevata la presenza di attacco biologico da parte di insetti xilofagi e dei funghi della carie.

Restituzione grafica - Questa prima indagine speditiva permette di registrare e di restituire sulle tavole di rilievo:

- la specie legnosa;
- distorsioni, inflessioni, curvature, fessurazioni;
- macchie di muffa, spore, zone polverizzate (l'odore di muffa potrà essere utile a localizzare gli ambienti dove queste patologie sono presenti);
- presenza di fori e/o di polvere di legno dovuti all'attività di insetti xilofagi;
- presenza di larve e/o insetti morti;
- sfaldamento degli strati superficiali di pitturazioni o verniciature;
- macchie di umidità;
- presenza di nodi, cipollature e altre alterazioni della continuità del materiale.

Secondo livello

Indagini di dettaglio - In base alle informazioni acquisite al primo livello di indagine si potranno effettuare analisi approfondite di tipo strumentale di tipo minimamente distruttivo.

Dendrocronologia - Permette di determinare l'età dell'elemento ligneo. Avviene attraverso il paragone della conformazione degli anelli annuali. A seconda degli anni più o meno fecondi si possono rilevare dati di crescita differenti. Attraverso analisi di tronchi diversi della stessa specie viene definita una curva standard per una precisa regione geografica. Dall'elemento ligneo vengono prelevati campioni di prova, contenenti un numero minimo di 30 anelli annuali che vengono misurati e paragonati alla curva standard. Quando la curva data dal campione e quella standard coincidono è possibile determinare l'età dell'elemento. Il campione migliore per un'analisi è costituito da una fetta di tronco. Per materiali in opera si dovrà ricorrere alla carotatura.

Misurazione della resistenza ad infissione - È un metodo penetrometrico in grado di definire la presenza di degrado e la resistenza massima del legno in situ.

Una punta metallica viene infissa nel legno con colpi ripetuti alla stessa intensità trasmessi da uno sclerometro. A seconda del numero dei colpi necessari a raggiungere la profondità di cm 1 è possibile identificare il degrado in atto. La correlazione tra i risultati ottenuti in situ e i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio, a loro volta correlati a prove di resistenza a flessione degli stessi provini, possono portare a definire la resistenza massima del legno in situ. A causa dell'anisotropia del legno e dell'eventuale presenza di umidità i risultati possono essere molto diversi. Umidità superiore al 25% può fortemente influenzare i risultati dell'analisi.

Analisi resistografiche - Viene impiegato uno strumento capace di misurare la resistenza opposta dal legno alla penetrazione di una punta di piccolo diametro (1,3-3 mm). Un trapano speciale imprime un movimento combinato di rotazione ed avanzamento a velocità costante della punta. Tramite la misurazione della potenza assorbita dal motore dello strumento durante la perforazione vengono restituiti dei grafici, denominati "profili" che hanno andamento caratteristico dipendente dalla specie legnosa e dalla densità. Si possono così ricavare dati sulle caratteristiche del legno, specialmente nelle zone non visibili o non accessibili (teste delle travi), determinare la presenza di danni causati da insetti e/o funghi della carie (diminuzione della resistenza alla foratura). Con questa tecnica si è inoltre in grado di valutare l'altezza delle sezioni dove non vi siano altre possibilità di accertamento.

Metodo della resistenza ad estrazione - Il sistema, di tipo minimamente distruttivo, risulta utile per definire quale porzione di una sezione di elementi colpiti da degrado sia ancora portante. Lo strumento è composto da una vite da legno, un cilindro in ferro ed un comparatore a quadrante che misura la variazione del diametro in micron. La curva di variazione del diametro una volta effettuato l'avvitamento, determina una forza che corrisponde alla forza di estrazione della vite. Dopo varie prove si paragona la dipendenza della forza di estrazione alla densità media calcolata precedentemente in base al peso del provino per un'umidità del 12%.

Analisi soniche/ultasoniche - Si basano sulla misurazione del tempo di propagazione delle onde attraverso il legno. Vengono impiegati generatori di impulsi che, a seconda della dimensione del corpo da analizzare e della direzione del suono, emettono frequenze tra i 20 kHz e 1 MHz. Gli impulsi vengono trasmessi al corpo da un trasmettitore e ricevuti ad una distanza predefinita da un ricevitore. Il tempo di percorrenza viene normalmente rilevato da oscillografi. La velocità di propagazione viene influenzata dal degrado presente, dall'umidità, da difetti e irregolarità, dalla direzione della fibra. Tramite la correlazione dei dati è pertanto possibile definire caratteristiche e proprietà del legno nonché la densità e le proprietà elastiche.

Analisi del contenuto d'acqua - Parametro molto importante in quanto da esso dipendono tutte le proprietà fisiche e meccaniche del legno e soprattutto la sua predisposizione agli attacchi da funghi della carie. Come umidità del legno si intende il rapporto tra la massa del legno secco e la quantità d'acqua data in percentuale presente al suo interno.

I valori caratteristici dell'umidità del legno sono:

- 0% peso del legno essiccato, legno assolutamente secco;
- dall'8 al 12%, umidità degli elementi interni alla casa (mobili);
- dal 12 al 16% elementi all'esterno (finestre);
- dal 15 al 20%, legno da costruzione all'esterno, ma coperto;
- 20%, valore limite oltre il quale è favorita la proliferazione dei funghi;
- dal 28 al 32% valori per cui per quasi tutti i tipi di legno si ha la saturazione della fibra.

Le misurazioni dell'umidità si possono effettuare tramite:

- metodo dell'essiccazione (o ponderale): metodo minimamente distruttivo che prevede l'estrazione di alcuni provini di materiale che vengono immediatamente pesati, essiccati e successivamente ripesati. Tramite semplici equazioni si determina la percentuale di umidità presente nel provino prelevato rispetto al provino secco. Durante l'operazione bisogna fare in modo che il provino prelevato non subisca in alcun modo fenomeni di pre-essiccazione prima della pesatura, falsando così il dato finale.
- metodo a resistenza dielettrica: di sicuro meno preciso del precedente in quanto facilmente influenzabile dai sali o altri elementi chimici presenti nel legno. Il metodo si basa sulla misurazione della resistenza elettrica tra due elettrodi inseriti nel legno. Tale resistenza sarà tanto più bassa quanto più risulta elevata la presenza d'acqua all'interno dell'elemento.

Analisi del materiale - L'analisi di campioni di fibre degradate consentirà di determinare il tipo di attacco biologico in corso e di studiare un'adeguata risposta chimica.

La possibilità di procedere ad analisi minimamente distruttive permette di conoscere innanzi tutto il tipo di essenza e la variazione del contenuto di umidità rispetto ai limiti che caratterizzano una specifica essenza. Da queste informazioni deriva immediatamente la conoscenza di altri dati fisici sull'essenza studiata, quali il peso specifico apparente e assoluto, l'indice di porosità, il contenuto di umidità. Prove effettuate su campioni della medesima essenza, sottoposti a cicli di invecchiamento, possono essere impiegati per ricavare ulteriori informazioni circa la resistenza meccanica, i valori di dilatazione dovuta a sbalzi termici, la capacità di assorbimento d'acqua.

Valutazione delle condizioni statiche - Consisterà nella precisazione del modello statico del manufatto, nell'individuazione degli elementi deteriorati e nella verifica degli elementi maggiormente sollecitati.

La conoscenza del tipo di essenza e, quindi, del suo peso specifico e delle caratteristiche di resistenza, permette una verifica mirata alla luce dei valori limite previsti dalla scienza delle costruzioni e dei coefficienti di sicurezza individuati dalla legislazione vigente.

Dal momento che generalmente il legno è impiegato per strutture in grado di esercitare sui vincoli solo azioni verticali, l'indagine si incontrerà particolarmente sulla rilevazione dell'inflessione degli elementi longitudinali, sulla verifica dei nodi di collegamento e sulle condizioni degli appoggi e delle testate delle travi. In presenza di capriate devono essere analizzati con particolare cura anche le connessioni fra puntoni, monaco e catena e lo stato delle reggiature.

In ogni caso per compiere le indispensabili verifiche statiche è necessario:

- riformulare i valori della resistenza della specifica essenza alla luce del contenuto di umidità rilevato;
- effettuare la stima della sezione resistente residua nei casi in cui si sia rilevato un danno di natura biotica (attacco da insetti, carie); oltre certi limiti l'apporto in termini di capacità portante della parte di legno interessata dal degrado viene considerato nullo; nei calcoli di verifica strutturale si dovrà tener conto della diminuzione della sezione originaria;
- identificare e localizzare le sezioni di minima resistenza; alcuni elementi possono presentare particolare concentrazione di difetti che unitamente concorrono ad una sensibile riduzione della resistenza; tali sezioni costituiscono punti di indebolimento strutturale;
- eseguire la stima dello stato e dell'efficienza dei collegamenti; capacità portante e stabilità di una struttura lignea dipendono anche dall'efficienza della trasmissione dei carichi da un elemento strutturale all'altro; la valutazione dello stato dei collegamenti di varia natura (incastri di vario tipo, semplici appoggi, reggiature, staffature, imbullonature, tirantature, fasciature, chiodature) deve effettuarsi mediante accurata osservazione delle condizioni del legno e delle altre parti non legnose in modo da determinare le caratteristiche geometriche e dimensionali del collegamento, lo stato di conservazione dei materiali che lo costituiscono ed eventualmente il suo stato tensionale;
- effettuare la valutazione strumentale delle caratteristiche geometriche utilizzando estensimetri meccanici e/o elettronici, flessimetri e deformometri.

Art. 3.3.2.5 - Metalli

I manufatti metallici potranno essere oggetto di due ordini di indagini conoscitive: indagini volte a determinare la natura del materiale e indagini volte a valutare la funzionalità strutturale del medesimo.

Nel caso dei metalli, a parte alcuni aspetti del degrado del cemento armato, l'esame visivo potrà essere già sufficiente all'individuazione delle patologie di degrado nella loro globalità. Per la determinazione degli aspetti chimici bisognerà invece ricorrere a prove strumentali.

Fra queste, le analisi chimiche e metallografiche minimamente distruttive servono a stabilire la composizione chimica del metallo e delle patine. Si effettuano su campioni di piccolissima dimensione, adatti alla realizzazione di sezioni microscopiche e metallografiche (pochi grammi). Le analisi non differiscono, pur avendo una propria specificità, da quelle mineralogiche; in particolare anche per i metalli è consigliabile l'indagine per diffrazione ai raggi X, o l'elettrografia per emissione, che sono in grado di stabilire la composizione dei materiali cristallini che si formano sulla superficie del manufatto a seguito delle reazioni patogene. La conoscenza della composizione chimica dei metalli e delle sostanze presenti sulla loro superficie può agevolare la scelta dei prodotti detergenti, che devono in molti casi essere selettivi.

Le indagini strutturali comprendono invece prove non distruttive, come la termografia, la gammagrafia, la radiografia a raggi X, la fotografia ad infrarosso e a luce radente e prove minimamente distruttive, come quelle per la determinazione della resistenza del metallo, che prevede una campionatura piuttosto consistente.

In particolare la termovisione permette di valutare le modalità di diffusione della temperatura in una struttura e lo scambio termico con l'intorno, che determinano movimenti anche di grande ampiezza, in rapporto alle dimensioni del manufatto e che possono essere all'origine di dissesti, soprattutto se i vincoli non sono in buono stato di conservazione.

Metal detector, magnetometria, termografia, ultrasuoni, radar e altre tecniche possono consentire di determinare la posizione dei ferri di armatura in strutture di cemento armato.

Complemento inscindibile delle indagini diagnostiche su strutture metalliche sarà la verifica statica: dovrà essere realizzata con elaborazioni di calcolo impostate sui principi della statica e della scienza delle costruzioni, prendendo in considerazione le caratteristiche del materiale (geometriche e chimiche), l'entità dei carichi d'esercizio, le tensioni ammissibili, i vincoli e le loro condizioni, lo schema strutturale e i possibili effetti di incendi e di eventi eccezionali (in particolare sismi e alluvioni). La verifica, per essere valida, si dovrà avvalere di rilievi adeguati e dei risultati delle prove diagnostiche e generalmente si avvale di prove di carico che possono anche avere valore di collaudo.

Art. 3.3.2.6 - Calcestruzzo

Come per ogni altro materiale l'analisi delle cause del degrado in aggressione a manufatti in calcestruzzo risulta comunque complessa. Oltre a numerose cause di tipo diretto e/o indiretto esistono, più che per ogni altro materiale, cause intrinseche per lo più legate a errata organizzazione del processo progettuale, cattiva tecnica esecutiva, applicativa e di protezione. In moltissimi casi si rileva infatti quanto siano state ignorate persino le regole basilari del buon costruire: il rapporto acqua-cemento, lo spessore minimo del conglomerato a protezione del ferro d'armatura in funzione delle condizioni ambientali.

Risulta pertanto importante procedere con le dovute cautele nella definizione della diagnosi del degrado in aggressione a strutture e manufatti organizzando lo studio in più fasi, partendo dalla raccolta dei dati relativi alla progettazione e messa in opera del manufatto in parallelo con un primo esame visivo. In seguito si potranno valutare ulteriori approfondimenti diagnostici da effettuarsi in situ e tramite analisi di laboratorio.

Raccolta dei dati di progetto e messa in opera - Informazioni relative al periodo di costruzione del manufatto, ai materiali utilizzati, all'apparizione dei primi segni di degrado, alle condizioni al contorno relative alle condizioni di esposizione ed all'utilizzo. Si potranno raccogliere informazioni relativamente all'epoca di costruzione dell'edificio ed alle condizioni climatiche in corso d'opera. Reperire dati relativi alle caratteristiche dei materiali impiegati (tipo di cemento, di aggregato, di additivo, composizione e dosaggio, tipo e dimensioni dei ferri di armatura, trattamenti superficiali), indicazioni sullo sviluppo temporale dei segni di degrado, su eventuali trattamenti od operazioni di restauro subiti negli anni.

Valutazione delle condizioni statiche e d'esercizio - Sarà opportuno verificare nel complesso la bontà delle strutture dell'intero edificio, dei terreni e delle condizioni d'esercizio, onde riscontrare l'eventuale presenza di concause in grado di generare problemi di natura statica e di degrado dei materiali. Potrà pertanto rilevarsi utile evidenziare lo stato fessurativo dell'intero complesso edilizio, oltre che restituire compiutamente il quadro patologico relativo non solo ai manufatti in calcestruzzo.

Ispezione visiva - Supportata da accurato rilievo fotografico e da successiva restituzione grafica sulla posizione e tipologia delle macropatologie riscontrate durante il sopralluogo. Si dovranno reperire dati relativamente alle fessurazioni presenti: aperture, frequenza (lunghezza cumulativa in mm/mq), geometria (lunghezza e spessore), estensione, regolarità. Informazioni sui ferri d'armatura scoperti e sulla presenza di macchie di ruggine: estensione delle aree coinvolte, frequenza, forma ed aspetto, riduzione del diametro dei ferri, spessore del copriferro, tipo di ruggine (compatta, porosa). Acquisire indicazioni sulle dilaminazioni e sui distacchi del calcestruzzo: frequenza, spessore, aspetto, estensione, presenza di incrostazioni, efflorescenze, subflorescenze, zone umide.

Prove in situ - Essenzialmente di carattere non distruttivo.

Analisi soniche e ultrasoniche: si servono di apparecchiature che si basano sulla misurazione del tempo di propagazione delle onde attraverso il materiale e che sono in grado di evidenziare la presenza di difetti interni non visibili (fratture, fessure, discontinuità). Vengono impiegati generatori di impulsi che, a seconda della dimensione del corpo da analizzare e della direzione del suono, emettono frequenze variabili. La velocità di propagazione viene influenzata dal degrado presente, dall'umidità, da irregolarità, da difetti presenti, dalle non uniformità, dalle presenze di vuoti.

Analisi magnetometrica: si utilizzano apparecchi in grado di rilevare la presenza dei ferri di armatura ed il relativo spessore del copriferro.

Analisi sclerometrica: utile a rilevare la durezza superficiale del materiale tramite apposita strumentazione. Si possono così localizzare aree di minor resistenza meccanica, da sottoporre eventualmente a successive prove di laboratorio.

Monitoraggio del quadro fessurativo: utilizzo periodico di crepemetri e fessurimetri per la misurazione temporale delle eventuali fessure in modo da accertare se il processo di degrado rilevato risulta statico o dinamico.

Identificazione - Attacco da anidride carbonica: può avvenire per dilavamento della struttura da parte di acque ricche di anidride carbonica (CO₂) o per penetrazione della CO₂ presente nell'aria attraverso lo strato superficiale del calcestruzzo (carbonatazione). Nel primo caso è sufficiente effettuare un'attenta osservazione visiva della superficie del manufatto. Nel secondo caso si può ricorrere ad un test colorimetrico utilizzando una soluzione alcolica di fenolftaleina. La soluzione spruzzata sul campione degradato cambia colore in funzione del pH: zone colorate in rosa rilevano un pH maggiore di 9, zone incolore un pH minore di 9 (tipiche del calcestruzzo carbonatato). Il calcestruzzo carbonatato se umido non risulta più essere in grado di proteggere i ferri di armatura e quindi andrà rimosso. Nel caso non si riscontrasse umidità nel calcestruzzo, questo potrà essere conservato risultando lentissime le velocità di corrosione delle armature.

Prove di laboratorio - Valutati e correlati tutti i dati reperiti nelle fasi precedenti e individuate ipotesi realistiche sulle cause di degrado, in caso di dubbi e della necessità di eseguire specifici approfondimenti, si potrà optare per il

prelievo di campioni significativi di materiale utili per l'effettuazione di prove di laboratorio. Tali analisi si rendono il più delle volte indispensabili per confortare le ipotesi messe in campo nelle fasi di diagnosi di prima approssimazione, prevede l'evoluzione futura del degrado e conseguentemente pilotare le fasi dell'intervento di conservazione, definendo tecniche e materiali da impiegarsi.

Si potranno pertanto effettuare analisi su campioni in grado di identificare eventuali patologie di degrado diversamente non quantificabili.

Attacco solfatico: normalmente presente in percentuali molto basse rispetto al peso del calcestruzzo (da 0,4 a 0,6%), può arrecare danni considerevoli ai manufatti se presente in percentuali più elevate rispetto al contenuto fisiologico. La sola analisi chimica è di per sé poco significativa in quanto restituisce dati puramente quantitativi sui solfati presenti. Per verificare l'avvenuta formazione di prodotti responsabili dei fenomeni di degrado di tipo espansivo sarà indispensabile effettuare un'analisi qualitativa per diffrazione dei raggi X che confermi la presenza di composti responsabili dell'azione espansiva prodotta dall'attacco solfatico.

Attacco da cloruri: si potranno effettuare prove colorimetriche spruzzando sui campioni da analizzare una soluzione a base di fluorescina ed una a base di nitrato di argento, si evidenzieranno in rosa chiaro le zone penetrate dal cloruro, in colore scuro quelle non penetrate. In questo modo si è in grado di stabilire la profondità di avanzamento del cloruro attraverso il copriferro, identificando le parti di calcestruzzo da rimuovere in modo da impedire l'innescare della corrosione dei ferri. L'analisi qualitativa per diffrazione ai raggi X da eseguirsi in laboratorio permetterà di identificare con precisione il tipo di attacco in modo da poter definire consapevolmente le modalità dell'intervento di conservazione.

Art. 3.3.2.7 - Rivestimenti

La colorazione di una malta viene generalmente distinta in due categorie: una detta idiocromatica, che è determinata dal colore proprio dei materiali che costituiscono la malta stessa o la sua finitura pittorica; l'altra è detta allocromatica, in quanto conseguenza della presenza di aggregati o di pigmenti che si distinguono da quelli predominanti. L'importanza di tale classificazione trova la sua ragione nella pratica per la determinazione della stabilità delle colorazioni: infatti le componenti allocromatiche sono molto spesso più instabili di quelle idiocromatiche.

La nomenclatura dei colori fa riferimento al sistema Munsell di classificazione (in due versioni) che si basa sulla considerazione di tre fattori denominati hue, chroma e value.

- Hue è la tonalità del colore (rosso, verde, giallo, blu, ecc.), definita in fisica cromaticità o croma.
- Chroma è il numero di granelli colorati in rapporto ai grigi.
- Value è la riflessività.

Munsell dispose su un cerchio cinque colori principali: rosso (R), giallo (Y), verde (G), blu (B), porpora (P).

Le combinazioni di queste tinte danno altre cinque tonalità intermedie: R-Y, G-Y, B-G, P-B, R-P.

Questi dieci colori possono combinarsi fra loro fino a formare 100 tipi di hue.

L'origine dei pigmenti impiegati nelle malte o nei rivestimenti riportati è suddivisibile in pigmenti naturali e artificiali, minerali od organici.

I pigmenti naturali più usati sono i seguenti:

bianco: calce spenta (bianco-San Giovanni, bianco di Spagna, bianco Meudon, bianco di Champagne, bianco Bugival, Biancone); bianco animale (ricavato dalla calcinazione e macinazione di conchiglie, molluschi e gusci d'uovo).

nero: terra nera di Venezia (carbonato di calcio con ferro; manganese e argilla), pirolusite, manganite, manganomelano.

giallo: limonite (ocra gialla), argille (ocre), solfuri.

azzurro: argille, serpentino, idrossidi di Al.

rosso: ematite (ocra rossa), argille (ocre).

verde: clorite, talco, serpentino, sericite, scapolite.

Art 3.4 - Indagini preliminari

Art. 3.4.1 - Indagini preliminari agli interventi di deumidificazione

Individuazione delle cause - L'individuazione e la classificazione delle cause scatenanti il fenomeno potranno avvenire utilizzando una serie di indagini, semplici e più complesse da impiegarsi a seconda dei casi.

Il fenomeno potrà essere facilmente individuato anche tramite una semplice indagine visiva tenendo presenti le seguenti indicazioni.

a) Umidità di tipo ascendente: è indipendente dalla stagione, sale sulle murature sino ad una altezza di circa m 2-3 impregnandole per tutto lo spessore. Scompare in un tempo piuttosto lungo, 3-4 anni, avendone chiaramente eliminata la causa.

Può essere alimentata da falda freatica o derivare da altre cause quali acque disperse e perdite occasionali.

Nel primo caso i valori di umidità risultano essenzialmente simili in tutte le membrature murarie costruite con materiali analoghi; l'altezza di risalita è costante nel tempo ed è chiaramente massima nelle esposizioni meno

soleggiate (nord, nord-est) o ventilate e minima in quelle meglio esposte (sud); in linea di massima il fenomeno è facilmente verificabile su altri edifici realizzati con caratteristiche costruttive analoghe, edificati nella medesima zona. Nel secondo caso il fenomeno si presenta concentrato solo in alcune murature o parti di muratura; l'altezza di risalita non è costante nel tempo (oscillazioni annue); il fenomeno si verifica esclusivamente in un singolo edificio o in edifici adiacenti o comunque molto prossimi.

Un dato da non dimenticare è che l'umidità tende chiaramente a risalire, cioè a divenire umidità ascendente, solo quando è sostenuta da una colonna capillare che ha la sua base nell'acqua sotterranea. In caso contrario l'invasione dell'umidità è di tipo gravitazionale, diretta cioè verso il basso; diviene ascendente solo se il muro nella parte inferiore è già saturo.

L'umidità ascendente avanza abbastanza veloce nei primi decimetri e in seguito sempre più lentamente poiché l'evaporazione superficiale la contrasta. Logicamente quanta più acqua evapora da un muro, tanto più si riduce l'altezza di risalita.

b) Umidità di condensazione: si ripresenta ogni anno alla stessa stagione e si trova sulla superficie dell'edificio a qualunque altezza. È facilmente eliminabile tramite il calore e la ventilazione, ma può ripresentarsi con facilità.

Difficile eseguire una diagnosi, le macchie al momento dell'osservazione possono infatti essere asciutte e l'umidità di condensazione può facilmente confondersi con altri tipi di umidità.

c) Umidità di percolamento: può essere dovuta a particolari condizioni atmosferiche (pioggia, neve, nebbia) o a pluviali, tetti, tubazioni poco funzionari o addirittura rotti.

- Umidità da acqua piovana: le cause delle infiltrazioni possono essere molteplici: fessurazioni dell'intonaco, distacco tra materiali di caratteristiche diverse (per esempio tra le strutture portanti e i tamponamenti), difetti degli intonaci (di composizione o di coesione tra intonaco e supporto), degrado della malta, difetti di connessione tra gli infissi e le murature.

Se le infiltrazioni sono dovute a cause localizzate, anche le manifestazioni di umidità saranno localizzate. L'acqua a causa della sua mobilità e continua migrazione può comunque riapparire anche molto lontano dal punto di penetrazione. Al contrario, nel caso in cui le infiltrazioni siano dovute a difetti complessivi dell'edificio, le manifestazioni appaiono su tutta la facciata, generalmente quella esposta alla pioggia battente.

Le macchie di umidità legate alle precipitazioni atmosferiche sono molto accentuate in caso di pioggia, tendono normalmente a scomparire dopo un periodo di bel tempo. Le macchie sono prevalentemente esterne dato che è molto improbabile il passaggio della pioggia nelle murature se non quando si è in presenza di crepe o fessurazioni. Il grado di umidità è decrescente dall'esterno all'interno della muratura e dall'alto verso il basso: il rapporto è l'inverso di quello che si avrebbe nel caso di umidità ascensionale.

- Umidità dovuta a perdite e rotture: si può manifestare in varie parti dell'edificio con macchie localizzate interne ed esterne. Quando l'umidità è visibile in prossimità del punto di infiltrazione è più facile diagnosticare il guasto e porvi rimedio, ma è più frequente che la macchia compaia lontano dalla sua origine a causa della migrazione interna dell'acqua. In mancanza di dati ben visibili ed esaurienti (per esempio macchie localizzate, pluviali decisamente fuori uso) è necessario procedere ad una sistematica e puntuale ispezione del perimetro dell'edificio, verificando se pozzi, cisterne, fognature risultano in buone condizioni o perdano visibilmente; ispezionando gli impianti di raccolta ed allontanamento delle acque stradali e piovane, verificando con adatte strumentazioni le eventuali perdite delle tubazioni.

In edifici non di recente costruzione il più delle volte le cause vanno logicamente sommandosi: ascensione capillare, acque disperse, impianti tecnologici rotti o inadeguati, locali mal aerati sono una serie di effetti che concorrono in modo più o meno grave al danneggiamento della muratura.

Art. 3.4.1.1 - Tecniche di misura dell'umidità

Sarà opportuno, prima di dare il via al progetto, di intervento volto alla eliminazione del fenomeno dell'umidità e/o delle cause determinanti la patologia, predisporre una campagna diagnostica di conoscenza volta a determinare con più precisione alcune caratteristiche e peculiarità del fenomeno in oggetto. Il progetto di diagnostica ha lo scopo di individuare le aree maggiormente colpite dal fenomeno dell'umidità e quindi di trovare delle possibili soluzioni da applicare per risolvere il problema. Può essere essenzialmente organizzato in tre differenti fasi.

- Sopralluogo e valutazione delle condizioni del manufatto dedicando particolare attenzione a tutte le condizioni al contorno che andranno particolarmente verificate: condizioni climatiche della zona (stagionali e dei periodi precedenti alla fase di rilievo), esposizione e soleggiamento, sistema idrico della zona, di approvvigionamento, di raccolta e smaltimento delle acque, morfologia e caratteristiche geologiche del terreno, identificazione della falda freatica, verifica dell'integrità del sistema delle coperture, verifica dell'esistenza di intercapedini e/o vespai, stato di conservazione delle superfici, stato di ventilazione dei locali da analizzare, accessibilità e condizioni di misura.
- Definizione delle operazioni di rilievo diagnostico sulla base delle informazioni acquisite nella prima fase ed acquisizione dei dati in campagna tenendo in considerazione: le condizioni climatiche al momento delle analisi, orario, condizioni barometriche, soleggiamento, eventuali errori accidentali e di sistema.
- Fase di elaborazione dei dati a tavolino e in laboratorio utili alla stesura della relazione finale indicante i risultati ottenuti correlando tutte le informazioni acquisite.

Seguendo un iter selettivo saranno in questo modo evitate indagini a tutto campo che il più delle volte restituiscono un quadro generale complesso, eterogeneo ed illeggibile, e pertanto inutilizzabile per la stesura di un corretto progetto di intervento.

La ricerca diagnostica svolta in cantiere, quale prima fase di conoscenza diretta dovrà dare garanzie di economicità, praticità e velocità, utilizzando apparecchiatura non eccessivamente complesse di facile utilizzo ed applicabilità. Apparecchiature in grado di fornirci indicazioni a carattere comparativo, in grado di determinare la differenza di comportamento tra una muratura sana ed una malata dello stesso edificio.

Sarà inoltre indispensabile conoscere il contenuto d'acqua presente in una struttura muraria; tale valore è legato non tanto alla capacità del materiale di assorbire acqua, quanto piuttosto alla sua attitudine a evaporarla più o meno velocemente.

Per una muratura in mattoni pieni il livello di guardia deve essere del 2,5-3,0% in peso; sotto questo limite, purché il locale sia aerato, non si producono danni igienici né alle persone né alle cose.

Una prima ricerca diagnostica dovrà riguardare:

- le misure igrometriche;
- le misure del contenuto d'acqua nelle strutture;
- i rilevatori di condensazione;
- le misure della temperatura dell'aria;
- le misure della temperatura superficiale.

I tipi di analisi diagnostiche potranno riguardare direttamente o indirettamente il manufatto oggetto di studio, in modo assolutamente non distruttivo, o relativamente distruttivo, tramite quindi il prelievo di campioni più o meno rilevanti.

Misure igrometriche o dell'umidità relativa - I valori di umidità relativa dovrebbero, di norma, essere compresi tra il 35% ed il 70%; l'umidità relativa esprime il rapporto percentuale fra l'umidità effettivamente contenuta nell'aria ad una data temperatura e l'umidità massima che potenzialmente potrebbe esservi contenuta, sempre alla stessa temperatura.

I principi fisici su cui si basano gli strumenti di rilevamento sono:

- la variazione dimensionale di elementi organici (capelli, membrane) con il variare dell'umidità;
- la variazione della resistenza elettrica di sensori realizzati con impasti di sali igroscopici in funzione dell'umidità relativa;
- la variazione dell'impedenza elettrica di semiconduttori in funzione dell'umidità relativa;
- la formazione di condensazione su una superficie in funzione della sua temperatura.

Si potranno in genere utilizzare essenzialmente due strumenti:

L'igrografo a capello, derivato dall'igrometro a capello, dal quale differisce solo per la possibilità di registrare immediatamente i dati relativi all'umidità, tramite un apposito apparecchio a tamburo; è basato sulla proprietà dei capelli umani e di certe fibre organiche di aumentare o diminuire di lunghezza con il variare dell'umidità dell'aria. I movimenti dei capelli, opportunamente amplificati, vengono riportati su indice numerico.

La registrazione dei dati può essere giornaliera, settimanale o mensile. Accoppiato con un termometro a lamina bimetallica, può dare anche la rilevazione della temperatura dell'aria trasformandosi così in un termigrografo.

I limiti dello strumento stanno nella facile staratura a cui è soggetto, per cui se ne consiglia una taratura periodica circa ogni tre mesi. Risulta estremamente utile e pratico nell'utilizzo in cantiere.

Lo psicrometro è uno strumento sufficientemente preciso, pratico e funzionale composto da due termometri uguali uno con bulbo libero e asciutto, l'altro avvolto in una pezzuola che deve essere mantenuta bagnata. Con una leggera ventilazione si accelera l'evaporazione della pezzuola provocando il raffreddamento del bulbo del termometro bagnato, mentre l'altro, asciutto, rimane insensibile al movimento dell'aria. La differenza di temperatura tra i due termometri sarà tanto maggiore quanto più forte è l'evaporazione dell'acqua, cioè quanto più l'aria è asciutta. Lo scarto termico tra i due termometri permette quindi di calcolare l'umidità relativa dell'aria con molta esattezza. Lo scarto risulterà uguale a zero quando l'umidità raggiunge il 100%. Lo strumento non è utilizzabile con temperature vicine a 0 gradi centigradi, in quanto il bulbo gelerebbe.

Con l'aiuto della tabella psicrometrica si può immediatamente stabilire il tenore igrometrico dell'aria. È possibile incorporare nello strumento un elaboratore elettronico in grado di fornire oltre all'umidità relativa, la temperatura dell'aria, l'umidità assoluta, la temperatura di rugiada.

Misure del contenuto d'acqua

Metodi indiretti - Prevedono l'utilizzo di strumentazioni assolutamente non distruttive, completamente rispettose della materia, da impiegarsi per la totalità in cantiere quale prima, indispensabile, ma spesso non esauriente, indagine conoscitiva.

- Misuratori a lettura di resistenza elettrica: forniscono la lettura delle variazioni di resistenza elettrica fra elettrodi posti sulla muratura. Tale resistenza è influenzata dall'umidità: maggiore è il contenuto d'acqua e maggiore è la conducibilità elettrica. La misura può essere effettuata solo superficialmente ed è poco precisa, dipende dai materiali ed è molto influenzata dalla eventuale presenza di sali. Sono strumenti pratici, agili e veloci sicuramente

utili per realizzare una prima fase esplorativa, tralasciando l'affidabilità dell'esatta misurazione, valutando i valori estremi della scala di riferimento presente sullo strumento.

- Misuratori a lettura di costante dielettrica: si basano sulla lettura della costante dielettrica tra due elettrodi standard appoggiati alla muratura. Avendo l'acqua costante dielettrica 30-40 volte più elevata degli altri materiali, sarà facile per lo strumento rilevare anche piccole quantità di acqua presenti nei materiali edili. La misurazione risulta meno influenzata dalla presenza di sali, ma si tratta sempre di un tipo di misurazione superficiale, difficilmente impiegabile su superfici scabre.
- Misuratori del contenuto d'acqua a neutroni: può essere impiegato solo per studi limitati a piccole estensioni. Se si fa attraversare il materiale in oggetto da un fascio di neutroni, o meglio microonde, si avrà una attenuazione della loro energia iniziale a causa dell'acqua contenuta nel materiale stesso. Per fare tale tipo di rilevazione basta porre un ricevitore o di fronte alla sorgente, dalla parte opposta della struttura in esame (misura per trasparenza), oppure dalla stessa parte (misura per riflessione).

Metodi diretti - Prevedono, ovviamente, analisi di laboratorio da effettuarsi su campioni di muratura estratti mediante carotaggi o perforazioni. Certamente utili là dove è necessario dare precise risposte di tipo quantitativo, sempre che i prelievi siano indirizzati in funzione di risposte quantitative già raccolte mediante indagini non distruttive, al fine di ridurre al massimo il rischio di effettuare sondaggi localizzati in punti che risultano in seguito non rappresentativi.

- Metodo ponderale: certamente il sistema più preciso attualmente a disposizione del tecnico-operatore.

Il contenuto d'acqua in un materiale viene determinato calcolando la differenza tra il peso dello stato umido ed il peso dello stato secco. Il metodo fornisce dati esatti sul singolo campione, ma non è consigliabile risalire ad un valore di riferimento per l'intera muratura. Per ottenere risultati attendibili si devono eseguire numerosi prelievi tramite carotaggio con trapani a basso numero di giri (150 giri/min) e, per carote profonde (oltre cm 100), con carotatrici al widia. I prelievi andranno effettuati a differenti altezze e sezioni verticali della muratura (primo campione in superficie, secondo campione a cm 15-20 di profondità). I campioni vengono immediatamente pesati con bilancia di precisione, successivamente essiccati, avendo l'accortezza di non superare la temperatura di 110 °C e quindi ripesati valutando la quantità d'acqua contenuta nel materiale. Tale quantità andrà quindi riferita percentualmente al peso o al volume del campione in esame.

- Metodo del carburo di calcio: se un campione prelevato dalla muratura viene mescolato con del carburo di calcio (CaC_2), si sviluppa dell'acetilene (C_2H_2) in quantità strettamente legata all'acqua presente nel campione. Forzando la reazione in ambiente chiuso sarà possibile misurare la pressione esercitata tramite manometro. Lo sviluppo di acetilene è direttamente proporzionale alla quantità d'acqua, al valore della quale è possibile risalire ammessi di conoscere la quantità standard del materiale esaminato e del carburo di calcio.

Rilevatori di condensazione - Di norma le condizioni favorevoli al verificarsi della condensazione sono stagionali, ma possono anche essere di breve durata. È un fenomeno difficile da cogliere in atto. Esistono quindi dei rilevatori che, collegati ad un registratore, permettono di conoscere la frequenza e la durata del fenomeno.

- Rilevatori di condensazione a variazione di resistenza: il funzionamento è basato sul principio che la resistenza elettrica che passa tra due elettrodi, molto vicini tra loro e collegati da una basetta isolante a bassa inerzia termica, fissata al muro, tende a precipitare con il fenomeno della condensazione dell'acqua sulla basetta. In pratica, se la resistenza fra i due elettrodi è elevata, la basetta è asciutta e quindi non siamo in presenza di condensazione. Bisogna fare attenzione che la basetta sia pulita e priva di sali, poiché si verrebbero a segnalare fenomeni di igroscopicità e non di condensazione.

- Rilevatori di condensazione ed appannamento: permettono di misurare l'attenuazione che subisce un fascio di luce ad infrarossi dopo aver colpito una piastrina metallica fissata sulla superficie in esame; infatti se c'è condensazione, l'acqua depositata sulla piastrina assorbe parte del fascio di infrarossi che la colpisce e il rilevatore segnalerà una riduzione di intensità del fascio riflesso.

Misure di temperatura dell'aria

- Termometri a mercurio o ad alcool: strumenti universalmente conosciuti, basati sul principio della dilatazione termica degli elementi. Normalmente utilizzati in laboratorio per la taratura ed il controllo degli altri tipi di strumenti.

- Termometri a lamina bimetallica: il principio di funzionamento si basa sulla deformazione che subisce una lamina bimetallica al variare della temperatura. La lamina è composta da due strisce metalliche sovrapposte e saldate fra loro, con diverso coefficiente di dilatazione termica. Strumento robusto di modesta precisione.

- Termometri a termocoppia: ottimi strumenti nel caso di registrazioni di temperatura prolungate nel tempo.

Due giunzioni di due metalli diversi vengono mantenute a temperature differenti, cosicché tra di esse si viene a stabilire una differenza di potenziale. Se una delle due giunzioni viene mantenuta ad una temperatura nota, si potrà risalire alla temperatura dell'altra, misurando la differenza di potenziale. È uno strumento stabile nel tempo, non soggetto ad invecchiamento, in grado di rilevare anche misure puntiformi, in quanto l'elemento sensibile è la giunzione di due fili sottilissimi. Lo svantaggio risiede principalmente nella difficoltà a mantenere costante la temperatura di riferimento.

- Termometri a termistori o a semi conduttori: si rileva la temperatura attraverso un sensore costituito da un elemento che varia la sua resistenza al variare della temperatura. Conoscendo quindi la resistenza elettrica si potrà

risalire alla temperatura dell'aria. È attualmente uno degli strumenti più utili e pratici data la facilità e la precisione con la quale oggi si può misurare una variazione di resistenza elettrica.

Misure di temperature superficiali - Qualsiasi strumento che misura la temperatura dell'aria può misurare anche la temperatura superficiale, a patto di stabilire un contatto perfetto tra elemento sensibile e struttura, senza che il termometro venga influenzato dalla temperatura dell'aria. Si possono pertanto utilizzare i termometri a termocoppia, a termistori o a semiconduttori. Per limitare l'influenza della temperatura dell'aria, l'elemento sensibile viene inserito in un cono di argilla precedentemente applicato sulla superficie muraria.

Per misurare la temperatura interna di una struttura muraria basta inserire l'elemento sensibile all'interno di un foro di opportune dimensioni, avendo cura di riempire il foro, per tutta la sua lunghezza, con del materiale compatto in modo che la misurazione non possa venire influenzata dalla temperatura interna dell'aria.

Strumenti specifici per misurare la temperatura superficiale dei materiali risultano essere i termometri a raggi infrarossi. Ogni corpo infatti emette raggi infrarossi. Se tali raggi si convogliano con un sistema ottico su un termometro a termocoppia ad alta amplificazione, si può conoscere istantaneamente la temperatura di quel corpo.

Misure contemporanee di differenti variabili e relativa registrazione - Si potranno utilizzare essenzialmente tre strumenti che ovviamente non restituiscono dati in tempo reale e che devono essere posizionati in situ per periodi prestabiliti.

- Termoigrografo: strumento che legge e trascrive l'umidità relativa e le temperature, è costituito da un'unità di acquisizione e da un'unità di registrazione. Quest'ultima è formata da un cilindro sul quale viene adagiato un apposito tabulato in carta sul quale un ago traccia l'andamento giornaliero dell'umidità relativa e della temperatura. La velocità di rotazione del cilindro è inversamente proporzionale alla precisione che si vuole ottenere in fase di registrazione.

- Termoigrometro: apparecchio capace di registrare mediante apposite sonde l'umidità assoluta (da 0,1 a 150 g di acqua per kg di aria), il punto di rugiada (da -40 a +60 °C), l'umidità relativa (dal 15 al 90%) e la temperatura dell'aria (da -40 a +120 °C). Lo strumento può essere dotato di un dispositivo di memorizzazione dei valori massimi e minimi registrati durante la rilevazione.

- Hygrotest: strumento che misura l'umidità relativa e la temperatura ambiente reagendo molto rapidamente alle variazioni di umidità. Il sensore dell'umidità relativa è del tipo a condensatore a film sottile, il che permette una reazione molto rapida alle variazioni di umidità, unita ad una precisione piuttosto elevata. Sul mercato esistono vari modelli di termoigrometri digitali con caratteristiche pressoché equivalenti.

Art. 3.4.2 - Indagini preliminari all'intervento di conservazione

La diagnosi delle alterazioni dovrà basarsi essenzialmente su misure di una serie di caratteristiche del materiale e sulla analisi dei prodotti di alterazione, associate ad analisi petrografiche e indagini ambientali.

Le analisi di laboratorio saranno effettuate su campioni prelevati dal monumento in zone scelte di volta in volta tra quelle che presentano un certo tipo di alterazione. Ne segue la necessità che questi prelievi siano effettuati con cognizione di causa dopo un attento esame visivo e una precisa localizzazione del prelievo stesso sulle tavole del rilievo. Analoga esigenza di correttezza operativa esiste per quanto riguarda i criteri di prelievo.

In ogni caso i prelievi dovranno:

- essere effettuati solo previa autorizzazione dell'ente che soprintende al manufatto, concordando tempi e modalità;
- essere eseguiti da chi realizzerà le analisi o in sua presenza;
- avere copia del piano di lavoro depositata presso l'ente che soprintende al manufatto;
- essere effettuati in maniera estremamente contenuta, in rapporto sempre a ciò che si vuole conoscere;
- evitare di deturpare esteticamente il manufatto;
- essere realizzati in superficie o in profondità, possibilmente entrambi e nella stessa posizione.

Quelli in superficie si effettueranno tramite l'uso di bisturi o scalpelli, pennelli a seta morbida, trattandosi generalmente di materiale polverulento, incoerente e coerente.

Quelli in profondità mediante carotatrice a secco e a basso numero di giri, onde evitare il surriscaldamento; mediante carotaggio umido, invece, in casi estremi, ricordandosi di citarlo per non alterare i risultati delle indagini successive causati dall'uso dell'acqua di raffreddamento.

Dopo il prelievo, i campioni dovranno essere chiusi ermeticamente in appositi contenitori di materiale inerte avendo cura, precedentemente, di pesarli e contrassegnarli. È necessario misurare immediatamente il contenuto d'acqua libera nel campione possibilmente a piè d'opera.

Premesso che i prelievi da analizzare saranno effettuati non solo sulle zone nelle quali l'alterazione si manifesta con diversa morfologia, ma anche a quote e a livelli diversi in modo da avere informazioni anche sull'estensione e sull'entità di materiale alterato, si elencano di seguito, i tipi di analisi che più comunemente vengono effettuate.

Il microscopio mineralogico per trasparenza in sezione sottile ed in sezione lucida potrà permettere studi sulla natura dei minerali e di diversi prodotti di alterazione, i costituenti, il modo con il quale essi sono interconnessi, la dimensione media dei cristalli, gli spazi vuoti tra di essi, la presenza di fratture inter e intracristalline. Si utilizza come strumento il microscopio in luce polarizzata, con il quale si studiano sezioni di materiale ridotte meccanicamente in lamine di mm 0,03 di spessore; mentre per le lucide viene inteso del materiale preparato allo stesso modo, ma con una faccia lucidata meccanicamente a specchio.

Informazioni sulla morfologia e sulla struttura del materiale potranno anche essere fornite dal microscopio elettronico a scansione (SEM). Accanto a questo tipo di indagini morfologico-strutturali, effettuate con l'ausilio della microscopia ottica ed elettronica, un'altra tecnica sarà utilizzata per conoscere sia la natura dei materiali sia quella dei loro prodotti di alterazione. Si tratta della diffrazione dei raggi X che permetterà di individuare le differenti fasi cristalline presenti nei diversi materiali. È necessaria una quantità minima di materiale (da 100 sino a 0,1 mg), che non abbia perduto la benché minima quantità di acqua, poiché con questa analisi è possibile riconoscere sali a diverso grado di idratazione.

Si sottolinea quale importanza abbiano i sali idrati, con i loro fenomeni ciclici di dissoluzione/cristallizzazione e disidratazione/idratazione, nel processo di alterazione di molti materiali.

Poiché, inoltre, l'alterazione dei materiali costituenti la fabbrica è sempre legata alle caratteristiche ambientali in cui questa è immersa, tutte le indagini sul materiale dovranno essere corredate da quelle sull'ambiente, con particolari riferimenti ai controlli meteorologici ed a quelli relativi all'inquinamento atmosferico.

Art. 3.4.3 - Studio dei materiali in situ

Lo studio in situ sarà particolarmente necessario per dare le indicazioni sui criteri operativi da seguire in fase di eventuale consolidamento; lo studio dovrà rispondere ad alcuni essenziali requisiti:

- comparazione dei valori delle proprietà chimico-fisiche della muratura (magari entro parti apparentemente sane, ma in effetti alterate);
- comparazione e valutazione della evoluzione temporale delle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali in relazione al parametro tempo;
- determinazione delle sopracitate caratteristiche sia all'esterno sia all'interno delle strutture murarie in relazione soprattutto alle differenze climatiche.

Le misurazioni possibili per l'intervento in situ saranno:

- velocità di propagazione del suono;
- misurazione della coesione e dell'aderenza della malta e dei paramenti;
- determinazione della distribuzione del tenore di umidità;
- prove di permeabilità;
- studio della stabilità della struttura.

Misurazione con ultrasuoni - Prima di procedere a qualsiasi operazione di tipo consolidante su una struttura muraria sarà necessario conoscerne la resistenza e lo stato di coesione malta-mattone.

A tale scopo sarà possibile eseguire una prova mediante l'utilizzo di ultrasuoni, i cui risultati serviranno alla valutazione delle caratteristiche meccaniche di detta struttura muraria. Il metodo si basa sul principio che il suono passa più rapidamente in materiali compatti e resistenti; viceversa in materiali poco compatti, porosi o fessurati la velocità del suono risulterà più bassa. L'impiego degli ultrasuoni è in grado di consentire la classificazione di vari materiali in base alla densità e al loro grado di omogeneità; inoltre permettono di individuare le fessure, di riconoscere differenze nell'apparecchiatura di murature intonacate, di effettuare controlli dei giunti di malta, di adesione degli intonaci ecc.

Il procedimento non altera assolutamente la struttura in analisi, anche se sarà sempre importante la giusta scelta delle bande di frequenza (da 20 kHz ad oltre 1000 kHz), in particolar modo in presenza di superfici affrescate o bronzi di grande valore.

Misure di coesione - La preparazione della provetta consisterà nel realizzare sul materiale in analisi, una impronta con una corona diamantata. Un disco del diametro di cm 5 sarà collocato nella zona delimitata dall'impronta. Ciascuna pastiglia cilindrica così ottenuta (aderente al restante materiale attraverso la superficie di base) sarà collegata ad un apparecchio di trazione dotato di vite con testa snodata.

La prova si protrarrà fino a che, con l'aumento lento della forza di trazione, la pastiglia precedentemente realizzata non si staccherà.

Essendo predeterminata la forza di trazione esercitata dalla vite e l'area di base della pastiglia, si potrà facilmente determinare il valore (in kg/cm²) di aderenza del provino al suo substrato.

Determinazione della distribuzione del tenore di umidità - Per la determinazione del valore di umidità superficiale si procederà banalmente con un lettore di umidità digitale o amperometrico, purché lo strumento sia affidabile e comunque tarato. Se si volesse misurare il contenuto di umidità all'interno della muratura si procederà eseguendo un foro tramite carotatrice nel quale introdurre apposite sonde di misurazione.

Prove di permeabilità - Prove di questo tipo saranno effettuate con la cosiddetta gabbia di permeabilità, strumento piatto da appoggiarsi al muro. Dopo l'installazione la gabbia viene riempita d'acqua attraverso il foro che si trova alla sua sommità. Il livello dell'acqua viene mantenuto costante da un tubo graduato che permette di compensare il flusso d'acqua che si perde attraverso il muro. La misura d'acqua percolante attraverso il muro e la valutazione dei vari intervalli temporali permetteranno la valutazione della permeabilità all'acqua della muratura.

Studio della stabilità della struttura - Lo studio delle variazioni dimensionali delle fessure andrà effettuato con appositi apparecchi di misurazione, purché in grado di determinare variazioni di lunghezza dell'ordine del millesimo di millimetro. Si potranno a tale scopo utilizzare: biffe, micrometri ottici, estensimetri, flessimetri, clinometri, ecc.

Ciò permetterà le seguenti valutazioni:

- la stabilità della struttura;
- la relazione tra i movimenti relativi di parti di strutture e fenomeni di degrado.

Partendo da questi dati si potrà stabilire quanto segue:

- se le variazioni dimensionali delle fessure mostrano alternativamente contrazioni e dilatazioni, l'origine può essere dovuta a migrazioni d'acqua per capillarità o evaporazione;
- se la larghezza delle fessure cresce nel tempo, la causa è in linea di massima di natura statica.

Si potranno condurre in situ anche altri tipi di indagini atte a determinare le caratteristiche fisico-meccaniche delle murature. Tra queste abbiamo già precedentemente citato lo sclerometro al quale può aggiungersi un'altra indagine solo parzialmente distruttiva.

Questa indagine si basa sull'utilizzo di martinetti piatti, al fine di determinare le caratteristiche di deformabilità di campioni di muratura di dimensioni notevoli, lo stato di sollecitazioni e originariamente presente nella muratura ed inoltre di determinarne le caratteristiche di deformabilità giungendo, in alcuni casi, a definire il limite di resistenza a compressione della muratura stessa in base al superamento di un limite di deformabilità precedentemente prestabilito (vedi Art. 3.1 - Prove meccaniche).

Art. 3.4.4 - Prove preliminari all'intervento di consolidamento dei materiali

Allo scopo di verificare la possibilità di un corretto intervento di conservazione sui materiali in cotto e a pasta porosa in genere, sarà opportuno eseguire una serie di prove atte ad approfondire la natura fisico-chimica del materiale. L'insieme minimo di prove che dovranno essere seguite sono le seguenti: assorbimento d'acqua, porosità, carico di rottura a compressione prima e dopo il trattamento con materiali o resine consolidanti.

Assorbimento d'acqua - La prova sarà effettuata mediante l'immersione di campioni in acqua per 24 ore, per poi valutarne l'aumento in peso, corrispondente all'aumento d'acqua. In linea di massima i valori di assorbimento più elevati (per uno stesso materiale) si riferiranno a materiale che ha già subito un certo grado di alterazione.

Misure di porosità - Le misure di porosità saranno eseguite con porosimetro a mercurio.

Prove con resine - Su provini di materiale si effettueranno prove di assorbimento di resina consolidante prima della scelta definitiva di questa per la valutazione sia della sua capacità consolidante sia della penetrabilità per assorbimento capillare. I provini saranno immersi parzialmente in una soluzione opportuna della resina da esaminare; questa, per capillarità, imbeverà il materiale. Dopo un periodo di tempo definito si valuterà la differenza di peso dovuta all'impregnazione da parte della resina. Poiché la resina sarà utilizzata in adatto solvente, per garantire una buona penetrabilità, prima della valutazione della quantità assorbita, sarà necessario attendere che il solvente sia completamente evaporato (valutazione del residuo secco).

Prove su campioni trattati - Per valutare l'efficacia del trattamento di consolidamento e l'opportunità della scelta del tipo di resina nonché la sua corretta modalità di applicazione sarà opportuno ripetere le prove di cui sopra, su campioni preventivamente trattati.

Si potranno effettuare ulteriori prove per meglio valutare la correttezza dell'intervento. Sinteticamente vengono qui elencate:

- invecchiamenti artificiali mediante cicli di gelo e disgelo e cicli di cristallizzazione dei sali solubili;
- attacchi acidi mediante spray di soluzioni di acido solforico e/o cloridrico, in diverse condizioni termogravimetriche;
- esposizione alla radiazione ultravioletta;
- misure di assorbimento d'acqua in fase di vapore;
- misure di assorbimento d'acqua per capillarità.

Art. 3.4.5 - La restituzione grafica

Tutte le problematiche riscontrate nelle fasi di indagine ricognitiva andranno raccolte ed organizzate tramite schede, grafici e relazioni, rappresentate graficamente per mezzo di una mappatura dedicata, pensata e restituita caso per caso, edificio per edificio, manufatto per manufatto. Ogni "oggetto" ha una storia propria legata al territorio, all'ambiente, al cambiamento ed alla mutazione della materia, degli spazi, delle funzioni. Ad ogni "oggetto" di indagine e di intervento si dovranno pertanto dedicare attenzioni ogni volta diverse.

La prima lettura in campagna è certamente quella del rilievo, della restituzione in scala adeguata dell'edificio su un supporto cartaceo o elettronico, quale base di appoggio per tutti i dati di tipo qualitativo e quantitativo di cui il progetto abbisogna.

Il rilievo acquisisce un'importanza preponderante all'interno di un qualsiasi processo di intervento, a patto che assuma indirizzi e quadri restitutivi strettamente legati all'ambito di utilizzo e di applicazione.

Eseguito e restituito in scale adeguate il rilievo geometrico (piani ed alzati), sarà sempre opportuno procedere ad una completa rilevazione di tipo fotografico in grado di documentare compiutamente lo stato di conservazione del manufatto.

La restituzione grafica dello stato materico e del degrado sfrutterà queste basi elementari di appoggio e si realizzerà tramite la riproduzione della manifestazione riscontrata sull'edificio impiegando tecniche di tipo tradizionale (china, matita, aerografo, ecc.), corredate dalle specifiche per il riconoscimento delle patologie e dei materiali. Si potranno in alternativa impiegare simbologie e retinature capaci di rappresentare in modo esaustivo materia, degrado, cause dirette o indirette, tramite apposita legenda di riferimento. L'area interessata dalle fenomenologie riscontrate dovrà

essere limitata nell'esatta estensione rilevata sull'edificio in modo da ottenere una corretta quantificazione del quadro patologico. Le scale di rappresentazione saranno scelte in base alla quantità di informazioni rilevate che si vogliono evidenziare, funzionali al progetto di intervento.

Al rilievo geometrico, all'identificazione materico-patologica si dovranno agganciare un'ulteriore serie di elaborati in grado di fornire, tramite simbologia ad hoc di tipo alfanumerico, tutte le indicazioni utili all'intervento di cantiere. Le tavole del progetto di conservazione, sempre utilizzando appositi rimandi grafici, saranno in grado di fornire indicazioni di tipo generale e/o puntuale relativamente alle tecniche di preconsolidamento, pulitura, consolidamento e protezione da effettuare su ogni singola porzione della fabbrica. La simbologia adottata (che trova un primo riscontro tramite apposite legende esplicitate sulle tavole di progetto) sarà il collegamento tra l'elaborato grafico e le schede del Capitolato di appalto, solitamente organizzate per sistemi costruttivi. Saranno schede complete ed esaustive, capaci di fornire indicazioni (oltre che su materiali, patologie e sistemi costruttivi del manufatto) sui cicli di intervento previsti, su tecniche e prodotti da utilizzarsi in ogni singola situazione.

Rilievo, identificazione patologica e tecniche di intervento, sempre tramite le schede di appoggio, possono facilmente diventare "quantità". La restituzione del progetto di conservazione tramite l'elaborazione elettronica è proprio finalizzata alla definizione di un conto metrico estimativo utile a compilare il computo di preventivazione.

Come per il rilievo del quadro materico patologico, anche per il progetto di conservazione, di supporto agli elaborati grafici ed alle schede di Capitolato, andranno elaborate le relazioni di progetto in grado di chiarire le filosofie di intervento ed enunciare puntualmente, per ogni categoria costruttiva, le modalità pratiche ed operative di esecuzione.

Art. 3.4.6 - Operazioni preliminari al progetto impiantistico

Art 3.4.6.1 - Generalità

Il progetto di intervento su un edificio esistente nella maggior parte dei casi non si limita a definire le modalità operative volte alla pura conservazione della materia che lo compone e costituisce, ma si spinge ben oltre, garantendo la vita del monumento per mezzo dell'utilizzo.

Gli interventi sul costruito possono ovviamente essere gestiti per parti o porzioni. A seconda delle priorità di intervento, dello stato di degrado, delle disponibilità economiche, si potrà spaziare dalle semplici lavorazioni di manutenzione periodica, a più incisive operazioni di tipo straordinario, sino a più articolati progetti di conservazione e riuso di interi complessi edilizi. Nei primi due casi varranno sempre le considerazioni espresse nei capitoli precedenti relativamente a tutte le operazioni preliminari da effettuarsi sui singoli manufatti o materiali, in un'ottica di tipo conservativo, limitando al minimo sostituzioni ed integrazioni.

Nel caso di progetti completi in cui non ci si preoccupi esclusivamente del semplice mantenimento dello stato materiale, ma si punti a garantire la vita dell'edificio per mezzo dell'utilizzo, si dovranno predisporre tutta una serie di operazioni in grado di recepire suggerimenti, indicazioni, soluzioni proprio dalla consistenza dell'oggetto di intervento. Sarà così da predisporre un progetto preliminare di lettura della fabbrica che la coinvolga in ogni sua parte definendone ulteriormente il dettaglio. Oltre agli approfondimenti materici patologici diverrà indispensabile effettuare rilevazioni (di tipo qualitativo e quantitativo) delle componenti compositive, spaziali, morfologiche e distributive del complesso architettonico sul quale si vuole intervenire. È il mezzo per sfruttarne a pieno le potenzialità, operando in modo naturale, senza effettuare pesanti modificazioni e manomissioni, piegando la fabbrica (come spesso accade) ad un uso coercitivo ed improprio.

Risulta ovvio quanta importanza assuma un corretto approccio operativo in grado di soddisfare sia le necessità di conservazione della materia, sia l'eventuale esigenza di un nuovo uso, con particolare attenzione alla normativa specifica e agli impianti tecnici, chiamati a soddisfare le nuove esigenze più di ogni altro componente dell'edificio. Per operare correttamente sull'esistente sarà pertanto indispensabile tenere in debita considerazione la componente tecnologica impiantistica sin dalle fasi preliminari del rilievo e dell'analisi materico-patologica, in modo da poter valutare le capacità e le volontà dell'edificio interessato all'intervento, il mantenimento degli impianti o della funzione presenti e le modalità per apportare modifiche e sostituzioni all'uno e all'altro.

Come per il progetto architettonico, anche per la progettazione delle componenti elettriche e meccaniche, divengono indispensabili conoscenze scientifiche e tecnologiche da correlare con il contesto nel quale si andranno ad inserire.

Art. 3.4.6.2 - Rilievi

Prima di definire compiutamente il progetto di riuso sarà sempre indispensabile effettuare un preciso rilievo degli elementi tecnologici esistenti (luce, acqua, gas) evidenziandone le caratteristiche, la rete distributiva, la tipologia, i passaggi, l'allaccio con apparecchi di servizio, di elevazione. In parallelo sarà utile evidenziare graficamente la presenza di tutti i collegamenti esistenti, verticali ed orizzontali, andando ad identificare quelle vie preferenziali che potranno servire all'inserimento dei nuovi impianti od al potenziamento degli esistenti. Si dovranno pertanto rilevare e illustrare tramite appositi elaborati: canne fumarie, vecchi scarichi, camini, cavedi, vespai, intercapedini, contromurazioni, asole, sottotetti agibili e non. A questi disegni tecnici si dovranno accompagnare ed eventualmente sovrapporre ulteriori illustrazioni grafiche relativamente alla presenza di porte o vani tamponati, di murature a sacco, di solai o setti murari non più in grado di assolvere alla loro funzione statica, di elementi di particolare pregio o di situazioni di estremo degrado, indicando le vie principali da percorrere per la predisposizione del progetto generale.

Si andranno così ad identificare ed evidenziare tutti quei punti "di movimento" e/o "di vincolo" che ci permettono di intervenire sfruttando tutte le potenzialità offerte dall'edificio senza tradirne le specificità, inserendo consapevolmente nuovi corpi tecnologici che il più delle volte il manufatto non ha mai posseduto.

Diventano così indispensabili nuovi metodi di restituzione grafica utili a rappresentare (in scale adeguate, in piano ed in alzato) tutti i punti di movimento e di vincolo identificabili fuori e dentro l'edificio oggetto dell'intervento. I possibili passaggi, gli attraversamenti, i punti di labilità presenti a livello strutturale, spaziale e materico, andranno identificati come "punti di movimento", come corsie preferenziali (verticali ed orizzontali), in grado di soddisfare la richiesta di volumi tecnici indispensabili per l'inserimento impiantistico. I "punti di vincolo" sono invece identificabili con situazioni di impossibilità di movimento, di particolare delicatezza con le quali è preferibile non confrontarsi per l'adeguamento degli impianti. In questi casi si dovrà procedere con grande cautela e rispetto degli elementi di pregio rinvenuti, identificando tutte le operazioni che non è assolutamente possibile eseguire o quelle per cui occorre una particolare progettazione.

Dall'elaborato grafico di lettura necessario per restituire tutti i punti di movimento e di vincolo, si ricavano tutte le informazioni necessarie per la scelta dei percorsi e del dimensionamento dell'impianto. Informazioni utili al progettista (per gli interventi di conservazione e riuso, di distribuzione delle funzioni e passaggio degli impianti) ed al tecnico impiantista (per il dimensionamento, la scelta delle apparecchiature e dei sistemi più idonei, la progettazione di particolari soluzioni).

Art. 3.4.6.3 - Valutazioni sulle modalità di intervento

Una volta evidenziate le potenzialità della fabbrica relativamente al tipo di uso o riuso si potranno valutare le modalità di intervento relativamente all'adeguamento impiantistico-tecnologico della stessa. Questa operazione richiede un costante coordinamento tra le singole professionalità che dovranno gestire il progetto. Architetto, strutturista, impiantista dovranno interagire ed interloquire sin dalle fasi preliminari del rilievo, valutando passo passo le possibili soluzioni, ottimizzando il progetto di conservazione e rifunzionalizzazione in vista di un uso compatibile.

Sulla base delle informazioni acquisite per mezzo delle indagini preliminari e dell'identificazione dei punti di movimento e di vincolo si valuteranno le possibilità di conservazione, integrazione o sostituzione degli impianti esistenti.

La conservazione (sia materica sia di utilizzo) potrà risolversi per mezzo di interventi, anche parziali, in grado di riportare in uso impianti dismessi, insufficienti o fuori norma, garantendone funzionamento e rendimento ottimale. Sarà giustificata dalla volontà di interferire minimamente con il manufatto da restituire comunque all'uso, dall'esigenza di conservare prodotti, manufatti e soluzioni tecniche di particolare pregio, tipici di periodi costruttivi e progettuali molto importanti nell'evoluzione delle tecnologie legate al comfort abitativo.

La valutazione di integrabilità tra impianti esistenti e nuovi impianti risulta strettamente legata alla propensione e alla facilità di inserimento di nuovi elementi o soluzioni tecniche in termini non invasivi. Sarà possibile progettare impianti correlati per migliorare standard di sicurezza e/o comfort, sostituire parti dell'impianto esistente (lavabi, interruttori, ecc.) per obsolescenza degli stessi o per il soddisfacimento di nuove norme di sicurezza, adottare nuove soluzioni, anche di tipo elettronico, per sovvenute nuove esigenze prestazionali.

Il completo inserimento di nuovi gruppi impiantistici avverrà per soddisfare nuove esigenze di funzione e d'uso, interferendo comunque il meno possibile con la materia dell'edificio. È il caso dei manufatti architettonici assolutamente sprovvisti di impiantistica, a volte adeguati negli anni adottando soluzioni parziali e/o sistemi non più rispondenti a standard di qualità, igiene e sicurezza degli utenti. E ancora il caso di edifici con impianti obsoleti, degradati, inseriti e modificati per sopravvenute nuove esigenze senza particolari valori tipologici e qualità tecnologica. Si dovranno in questi casi sfruttare (dove possibile) i punti di movimento esistenti, adottare soluzioni a vista, collocare le distribuzioni in modo da non interferire con i punti di vincolo o di pregio esistenti. Allo stesso tempo il progetto dovrà garantire un elevato livello di flessibilità delle soluzioni che si adotteranno in special modo relativamente ai passaggi. Inoltre i punti di labilità individuati e/o progettati dovranno essere di tipo dinamico in modo da rispondere in futuro a nuove esigenze di sostituzione, miglioramento o integrazione.

4. MODI DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

Art. 4.1 - Lavori preliminari

Art. 4.1.1 - Demolizioni e rimozioni

Le demolizioni di murature e di calcestruzzi, di fondazioni o sottofondazioni, sia in rottura che parziali; la eliminazione di stati pericolosi in fase critica di crollo anche in presenza di manufatti di pregevole valore storico architettonico, andranno effettuate con la massima cura e con le necessarie precauzioni. Dovranno pertanto essere eseguite con ordine in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi, danni collaterali e disturbi. Le demolizioni riguarderanno esclusivamente le parti e le cubature descritte.

Sarà vietato gettare i materiali dall'alto, che dovranno essere trasportati in basso con idonei mezzi in modo da non provocare danni e sollevamento di polveri.

Tutta la zona operativa (interna ed esterna al cantiere) dovrà essere opportunamente delimitata, i passaggi saranno opportunamente individuati e protetti. L'Appaltatore dovrà provvedere al puntellamento ed alla messa in sicurezza provvisoria, tramite opportune opere provvisorie, di tutte quelle porzioni di fabbrica ancora integre e/o pericolanti per le quali non siano previste opere di demolizione.

Particolare attenzione si dovrà porre in modo da evitare che si creino zone di instabilità strutturale.

Tutti i materiali riutilizzabili provenienti dalle demolizioni, ove non diversamente specificato, a giudizio insindacabile della D.L. resteranno di proprietà dell'ente appaltante. Dovranno essere scalcinati, puliti, trasportati ed immagazzinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla D.L. mettendo in atto tutte quelle cautele atte ad evitare danneggiamenti sia nelle fasi di pulitura che di trasporto.

Ad ogni modo tutti i materiali di scarto provenienti dalle demolizioni dovranno sempre essere trasportati dall'Appaltatore fuori dal cantiere, nei punti indicati o alle pubbliche discariche.

Dovranno essere altresì osservate tutte le norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni.

Art. 4.2.2 - Scavi in genere

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro a mano o con mezzi meccanici dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Appaltatore dovrà procedere in modo da impedire scosciamenti e franamenti, restando esso, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Appaltatore dovrà inoltre provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, ove non siano utilizzabili, o non ritenute adatte, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto fuori della sede del cantiere, ai pubblici scarichi, ovvero su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate per tombamenti o rinterri esse dovranno essere depositate in luogo adatto, accettato dalla Direzione Lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno.

In ogni caso le materie depositate non dovranno riuscire di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

La Direzione Lavori potrà far asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Art. 4.1.3 - Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o sterri andanti s'intendono quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali, ecc. e in generale quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie, ecc.

Saranno pertanto considerati scavi di sbancamento anche quelli che si trovano al di sotto del piano di campagna, o del piano stradale di progetto (se inferiore al primo) quando gli scavi rivestano caratteri sopra accennati.

Detti scavi andranno eseguiti con gli strumenti e le cautele atte ad evitare l'insorgere di danni nelle strutture murarie adiacenti.

Il ripristino delle strutture, qualora venissero lese a causa di una esecuzione maldestra degli scavi, sarà effettuato a totale carico dell'Appaltatore.

Art. 4.1.4 - Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione in generale s'intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti.

In ogni caso saranno come scavi di fondazione quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per la fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione Lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione, tenendo nel debito conto il D.M. 11 marzo 1988 riguardante le norme tecniche sui terreni e i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione oltre le relative circolari MLP 24 settembre 1988, n. 30483.

Le profondità, che si trovino indicate nei disegni di consegna, sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare allo Appaltatore motivo alcuno di fare eccezione o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di por mano alle murature prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate dovranno, a richiesta della Direzione Lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo che si fosse dovuto fare più all'ingiro della medesima, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura delle spese dell'Appaltatore, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo.

Gli scavi per fondazione dovranno, quando occorra, essere solidamente puntellati e sbadacchiati con robuste armature, in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo gli operai, ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione tanto degli scavi sia delle murature.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellazioni o sbadacchiature, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo gli venissero impartite dalla Direzione Lavori.

Col procedere delle murature l'Appaltatore potrà recuperare i legnami costituenti le armature, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione; però, i legnami che a giudizio della Direzione Lavori non potessero essere tolti senza pericolo o danno del lavoro dovranno essere abbandonati negli scavi.

Art. 4.1.5 - Scavi di accertamento e ricognizione

Tali operazioni si effettueranno solo ed esclusivamente dietro esplicita richiesta e sorveglianza della D.L., seguendo le indicazioni e le modalità esecutive da essa espresse e/o dal personale tecnico incaricato. I detriti, i terreni vegetali di recente accumulo andranno sempre rimossi con la massima attenzione previa effettuazione di piccoli sondaggi per determinare la quota delle pavimentazioni sottostanti in modo da evitare danni e rotture ai materiali che le compongono. Le rimozioni dei materiali si effettueranno generalmente a mano, salvo diverse prescrizioni della D.L. per l'utilizzo di idonei mezzi meccanici. Tutto il materiale di risulta potrà essere allontanato alle discariche a spese dell'Appaltatore dietro indicazione della D.L.

Art. 4.1.6 - Scavi archeologici

Si potranno effettuare non prima di aver ben delimitato tutta l'area di cantiere ed ottenuto tutte le autorizzazioni da parte dei competenti organi di tutela dei beni oggetto di scavo e solo dietro sorveglianza ed indicazione del personale preposto. Si eseguiranno a mano, con la massima cura ed attenzione, da personale specializzato ed opportunamente attrezzato. Gli scavi si differenzieranno in base al tipo di terreno alla tipologia e alla posizione delle strutture emergenti e/o sepolte, alla variabilità delle sezioni di scavo, alle caratteristiche dei manufatti e dei reperti. Si potranno effettuare operazioni con differente grado di accuratezza nella vagliatura delle terre e nella cernita e selezione dei materiali, nella pulitura, allocazione e cartellinatura di quanto trovato in appositi contenitori e/o cassette.

Saranno a carico dell'Appaltatore tutte le assistenze quali la preventiva quadrettatura dell'area di scavo, l'apposizione dei riferimenti topografici, la cartellinatura, il ricovero e la custodia dei materiali in locali attrezzati.

Art. 4.1.7 - Scavi subacquei e prosciugamenti

Se dagli scavi in genere e dai cavi di fondazione, malgrado l'osservanza delle prescrizioni di cui all'Art. 4.1.2, l'Appaltatore, in caso di sorgive o filtrazioni, non potesse fare defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della Direzione Lavori di ordinare, secondo i casi, e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento. Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di cm 20 sotto il livello costante, a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali fugatori. Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di cm 20 dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la Direzione Lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari. Per prosciugamenti praticati durante l'esecuzione delle murature, l'Appaltatore dovrà adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte.

Art. 4.1.8 - Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti dei cavi e le murature, o da addossare alle murature e fino alle quote prescritte dalla Direzione Lavori, si impiegheranno in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione Lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si provvederanno le materie occorrenti prelevandole ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono o si gonfiano generando spinte.

Nella formazione di suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di uguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie ben

sminuzzate con la maggior regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi e trasportate con carriole, barelle ed altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione Lavori.

È vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente Articolo saranno a completo carico dell'Appaltatore.

È obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

L'Appaltatore dovrà consegnare i rilevati con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati e compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo dei fossi.

La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni, sarà preventivamente scorticata, ove occorra, e, se inclinata, sarà tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

Art. 4.1.9 - Paratie o casseri

Le paratie o casseri in legname occorrenti per le fondazioni debbono essere formati con pali o tavoloni o palancole infissi nel suolo, e con longarine o filagne di collegamento di uno o più ordini, a distanza conveniente, della qualità e dimensioni prescritte. I tavoloni devono essere battuti a perfetto contatto l'uno con l'altro; ogni palo o tavolone che si spezzi sotto la battitura, o che nella discesa devii dalla verticale, deve essere dall'Appaltatore, a sue spese, estratto e sostituito o rimesso regolarmente se ancora utilizzabile.

Le teste dei pali e dei tavoloni, preventivamente spianate, devono essere a cura e spese dell'Appaltatore munite di adatte cerchiature in ferro, per evitare scheggiature e gli altri guasti che possono essere causati dai colpi di maglio.

Quando poi la Direzione Lavori lo giudichi necessario, le punte dei pali e dei tavoloni debbono essere munite di puntazze in ferro del modello e peso prescritti.

Le teste delle palancole debbono essere portate regolarmente a livello delle longarine, recidendone la parte sporgente, quando sia riconosciuta l'impossibilità di farle maggiormente penetrare nel suolo.

Quando le condizioni del sottosuolo lo permettono, i tavoloni o le palancole, anziché infissi, possono essere posti orizzontalmente sulla fronte dei pali verso lo scavo e debbono essere assicurati ai pali stessi con robusta ed abbondante chiodatura, in modo da formare una parete stagna e resistente.

Art. 4.1.10 - Opere provvisorie

Si renderà opportuno, prima di qualsiasi opera di intervento predisporre uno studio preventivo e razionale dell'impianto di cantiere. Comprenderà la distribuzione di tutti i servizi inerenti la costruzione e tendenti a rendere il lavoro più sicuro e spedito.

Ponteggi in legno fissi

Elementi verticali - (antenne, piantane, abetelle) con diametro cm 12-25 e lunghezza m 10-12 su cui appoggeranno tramite i gattelli, gli

Elementi orizzontali - (correnti, beccatelli) aventi il compito di collegare tra di loro le antenne e di ricevere il carico dagli

Elementi trasversali - (traverse, travicelli) che si appoggeranno con le loro estremità rispettivamente sui correnti e sul muro di costruzione e su cui insisteranno

Tavole da ponte - tavole in pioppo o in abete, comunemente dello spessore di cm 4-5 e larghezza maggiore o uguale a cm 20. Andranno disposte in modo che ognuna appoggi almeno su quattro traversi e si sovrapponga alle estremità per circa cm 40.

La distanza tra antenne sarà di m 3,20-2,60, quella delle antenne dal muro di m 1,50 circa, quella dei correnti tra loro di m 1,40-3,50 e quella dei traversi infine, sarà minore di m 1,20. I montanti verranno infissi nel terreno, previa applicazione sul fondo dello scavo di una pietra piatta e resistente o di un pezzo di legno di essenza forte e di adeguato spessore.

Sino a m 8 d'altezza ogni antenna potrà essere costituita da un solo elemento, mentre per altezze superiori sarà obbligatorio ricorrere all'unione di più elementi collegati mediante reggetta in ferro (moietta) o mediante regoli di legno (ponteggi alla romana). Le congiunzioni verticali dei due elementi costituenti l'antenna dovranno risultare sfalsati di almeno m 1. Onde contrastare la tendenza del ponteggio a rovesciarsi verso l'esterno per eventuali cedimenti del terreno, andrà data all'antenna un'inclinazione verso il muro di circa il 3% e il ponteggio andrà ancorato alla costruzione in verticale almeno ogni due piani e in orizzontale un'antenna sì e una no.

Il piano di lavoro del ponteggio andrà completato con una tavola (tavola ferma piede) alta almeno cm 20, messa di costa internamente alle antenne e poggiate sul piano di calpestio; un parapetto di sufficiente resistenza, collocato pure internamente alle antenne ad un'altezza minima di m 1 dal piano di calpestio e inchiodato, o comunque solidamente fissato alle antenne.

Ponteggi a sbalzo

Dovranno essere limitati a casi eccezionali e rispondere alle seguenti norme:

- 1) il tavolato non dovrà presentare alcun interstizio e non dovrà sporgere dalla facciata per più di m 1,20;
- 2) i traversi di sostegno dovranno prolungarsi all'interno ed essere collegati rigidamente tra di loro con robusti correnti, dei quali almeno uno dovrà essere applicato subito dietro la muratura;
- 3) le sollecitazioni date dalle sbadacchiature andranno ripartite almeno su una tavola;
- 4) i ponteggi a sbalzo contrappesati saranno limitati al solo caso in cui non sia possibile altro accorgimento tecnico per sostenere il ponteggio.

Ponteggi metallici a struttura scomponibile

Andranno montati da personale pratico e fornito di attrezzi appropriati. Si impiegheranno strutture munite dell'apposita autorizzazione ministeriale che dovranno comunque rispondere ai seguenti requisiti:

- 1) gli elementi metallici (aste, tubi, giunti, basi) dovranno portare impressi a rilievo o ad incisione il nome o marchio del fabbricante;
- 2) le aste di sostegno dovranno essere in profilati o in tubi senza saldatura;
- 3) l'estremità inferiore del montante dovrà essere sostenuta da una piastra di base a superficie piana e di area 18 volte maggiore dell'area del poligono circoscritto alla sezione di base del montante;
- 4) i ponteggi dovranno essere controventati sia in senso longitudinale che trasversale, e ogni controventatura dovrà resistere sia a compressione che a trazione;
- 5) i montanti di ogni fila dovranno essere posti ad intervalli maggiori o uguali a m 1,80;
- 6) le tavole che costituiscono l'impalcato andranno fissate, in modo che non scivolino sui travi metallici;
- 7) i ponteggi metallici di altezza superiore a m 20 o di notevole importanza andranno eretti in base ad un progetto redatto da un ingegnere o architetto abilitato.

Puntelli: interventi provvisori

Usati per assorbire le azioni causanti il fenomeno di dissesto dell'elemento strutturale, sostituendosi, sia pure in via provvisoria, a questo. Potranno essere realizzati in legno, profilati o tubolari di acciaio o in cemento armato, unici ad un solo elemento, o multipli, a più elementi, formati, anche dalle strutture articolate.

L'impiego dei puntelli è agevole e immediato per qualsiasi intervento coadiuvante: permetterà infatti di sostenere provvisoriamente, anche per lungo periodo, qualsiasi parte della costruzione gravante su elementi strutturali pericolanti.

I puntelli sono sollecitati assialmente, in generale a compressione e, se snelli, al carico di punta. Pertanto dovranno essere proporzionati al carico agente e ben vincolati: alla base, su appoggi capaci di assorbire l'azione che i puntelli stessi trasmettono; in testa, all'elemento strutturale da sostenere in un suo punto ancora valido, ma non lontano dal dissesto e con elementi ripartitori (dormiente, tavole). Il vincolo al piede andrà realizzato su parti estranee al dissesto e spesso alla costruzione.

I vincoli dovranno realizzare il contrasto con l'applicazione di spessori, cunei, in legno di essenza forte o in metallo.

Travi come rinforzi provvisori o permanenti

Per travi in legno o in acciaio, principali o secondarie, di tetti o solai. In profilati a T, doppio T, IPE, a L, lamiere, tondini: per formare travi compatte o armate: aggiunte per sollevare totalmente quelle deteriorate. Potranno essere applicate in vista, o posizionate all'intradosso unite a quelle da rinforzare con staffe metalliche, chiodi, o bulloni.

Art. 4.2 - Pulitura dei materiali

Art. 4.2.2 - Generalità

La pulitura consiste in una serie di operazioni per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene generatrici di degrado e si avvale di metodi fisici e/o chimici da impiegare con gradualità e intensità diversa in rapporto al tipo di sostanza che si intende eliminare.

Per questo motivo risulta certamente un'operazione tra le più complesse e delicate all'interno del progetto di conservazione e quindi necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di un'approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico-materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per verificare la natura del supporto e dell'agente patogeno, per determinare il processo chimico che

innesca il degrado e, di conseguenza, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriati di intervento (raccomandazioni NORMAL).

All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L. In ogni caso ciascun intervento di pulitura dovrà esclusivamente preoccuparsi di eliminare tutte quelle forme patologiche in grado di generare degrado al manufatto, senza pensare quindi all'aspetto estetico e cromatico postintervento. Qualsiasi operazione di pulitura infatti genera un'azione comunque abrasiva nei confronti dei materiali, andando sempre e in ogni modo ad intaccare (seppur minimamente) la loro pellicola naturale (pelle) che si dovrà cercare di conservare integralmente. I singoli interventi vanno realizzati puntualmente, mai in modo generalizzato, partendo sempre e comunque da operazioni più blande passando via via a quelle più forti ed aggressive.

In particolare fra i manufatti impiegati in edilizia i materiali a pasta porosa (pietre, marmi, cotti) sono quelli che risentono maggiormente dell'interazione con gli agenti endogeni ed esogeni (vedi Cap. III, art. 2.11 per i prodotti da utilizzarsi). La loro superficie, già profondamente caratterizzata e segnata superficialmente dalla eventuale lavorazione, diviene, una volta in opera, terreno di una serie delicatissima di modificazioni, legate alle condizioni al contorno e determinate dall'esposizione agli agenti atmosferici. In primo luogo a contatto con l'aria si ha una variazione delle caratteristiche chimiche e fisiche della superficie, dove si forma, nell'arco di anni, una patina ossidata più o meno levigata. La patina può esercitare un'azione protettiva sul materiale retrostante, ne determina la facies cromatica e, in definitiva, ne caratterizza l'effetto estetico. La patina naturale è il prodotto di un lento processo di microvariazioni ed è quindi una peculiarità del materiale storico; non solo, ma la sua formazione su manufatti esposti alle attuali atmosfere urbane è totalmente pregiudicata dall'azione delle sostanze inquinanti che provocano un deterioramento degli strati esterni molto più rapido della genesi della patina.

Al naturale processo irreversibile di graduale formazione di patine superficiali non deterio gene si sono sostituiti, negli ultimi decenni, meccanismi di profonda alterazione innescati dalle sostanze acide presenti nell'atmosfera inquinata. Sostanze che hanno una grande affinità con acqua e con la maggioranza dei materiali a pasta porosa. La formazione di croste o la disgregazione superficiale sono i risultati più evidenti di questa interazione.

La pulitura dei materiali porosi deve quindi in primo luogo rimuovere dalla loro superficie le sostanze patogene, rispettando la patina naturale, quando esista ancora, ed allontanando i prodotti di reazione (croste nere, efflorescenze, macchie) che possono proseguire l'azione di deterioramento. Inoltre, dal momento che nella maggior parte dei casi si interviene su materiale già profondamente degradato, il trattamento di pulitura deve essere attentamente calibrato: non deve provocare un ulteriore indebolimento, a livello micro o macroscopico, esercitando un'azione troppo incisiva; non deve asportare frammenti indeboliti, decoesionati o esfoliati; non deve attivare sostanze che possono risultare dannose; deve arrestarsi, per proseguire con altre tecniche, qualora l'asportazione dei depositi possa compromettere l'integrità del materiale.

Art. 4.2.2 - Sistemi di pulitura

Un primo livello di pulitura tende a rimuovere essenzialmente i depositi incoerenti (generalmente formati da particellato atmosferico, carbonioso o terroso) che si accumulano per gravità o dopo essere state veicolate da acqua atmosferica o di risalita (efflorescenze saline) e che non realizzano alcun tipo di coesione o di reazione con il materiale sottostante. Questo tipo di deposito possiede una debole potenzialità patogena, che varia moltissimo in rapporto alla composizione delle sostanze e al materiale su cui si sedimentano. Anche i tempi di aggressione possono essere differenti, e dipendono dalla presenza o meno di sostanze attivatrici (per lo più l'acqua, che entra in quasi tutte le reazioni patogene) o catalizzatrici.

Un secondo livello di pulitura prevede la rimozione di depositi composti esclusivamente o prevalentemente da sostanze allo gene che tendono a solidarizzarsi alla superficie del manufatto con un legame essenzialmente meccanico, senza intaccare (o intaccando in minima parte) la natura chimica del materiale. L'entità e la coesione di questi depositi dipendono dalla porosità del materiale. Le sostanze da rimuovere possono essere ancora particellato atmosferico, penetrato in profondità, magari veicolato da acqua, oppure sali (carbonati) depositati per esempio da acqua di dilavamento, o presenti come macchie.

Un terzo livello di pulitura prevede invece la rimozione dello strato superficiale che si forma sul materiale allorché le sostanze esterne, volatili o solide, si combinano con il materiale di finitura, mutandone la composizione chimica e dando origine a prodotti secondari, di reazione: è il caso dell'ossido di ferro (ruggine) che si forma sulle superfici metalliche, o dei prodotti gessosi, che vengono definiti croste in ragione del loro aspetto, i quali si formano sui materiali lapidei. Perdurando l'apporto delle sostanze patogene dall'esterno, si ha un progresso continuo dell'attacco in profondità, con distacco e caduta delle parti esterne degradate.

Per rimuovere i materiali incoerenti sono sufficienti blandi sistemi meccanici: aspiratori, stracci, scope e spazzole in fibra vegetale -- saggina -- (meno incisive di quelle in materiale sintetico), aria compressa. Questi metodi possono venire integrati dall'impiego puntuale di bisturi, spatole, piccole spazzole in nailon o metalliche.

Per rimuovere i depositi fortemente coesi e solidarizzati i metodi sopra elencati possono essere integrati da cicli di pulitura più incisivi, che trovano larga applicazione soprattutto nel trattamento dei materiali di rivestimento e, in generale, di pietre, murature, malte e, in molti casi (ad esclusione dei sistemi che impiegano acqua), anche di legno e metalli.

Spray di acqua - A bassa pressione (3-4 atmosfere). Uno dei metodi meno abrasivi; i risultati migliori si ottengono nebulizzando o, meglio, atomizzando l'acqua, utilizzando appositi ugelli, in numero adeguato alla superficie da pulire: le goccioline d'acqua rimuovono i composti solubili e, data la piccola dimensione, raggiungono capillarmente la superficie da trattare. Non si potranno trattare materiali che possono essere danneggiati dall'acqua (molti tipi di rivestimenti, oltre, naturalmente, a legno e metalli) o che sono formati da sostanze solubili o comunque poco resistenti all'azione solvente dell'acqua (come molte pietre, malte e pitture). Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità, effettuando il trattamento in periodi caldi. È fondamentale impiegare acqua deionizzata, priva di impurità e di sali in soluzione, che si depositerebbero sulla superficie trattata. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature. La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambioioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per l'adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

Argille assorbenti - Se vi sono problemi di esercizio legati all'acqua dispersa, si può applicare sul materiale di superficie un impacco di speciali argille (attapulgit e sepiolite, due silicati idrati di magnesio, oppure bentonite) imbibite di acqua, dopo aver bagnato anche il materiale con acqua distillata. In un primo momento l'acqua solubilizza i composti gessosi delle croste e gli eventuali sali presenti; l'argilla agisce poi da spugna, cedendo vapore acqueo all'atmosfera e assorbendo acqua dal materiale cui è applicata, con tutte le sostanze in soluzione, che vengono asportate con l'impasto, una volta che si sia essiccato. La granulometria dei due tipi di argilla dovrà essere di almeno 100-220 mesh. Dovranno essere preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro lavorazione in spessori di cm 2-3. Per rallentare il processo di evaporazione dell'acqua potranno essere sigillate con fogli di polietilene. Potranno inoltre essere caricate con resine scambiatrici di ioni o additate con tensioattivi.

Apparecchiatura laser - L'apparecchiatura selettiva laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), ad alta precisione, è in grado di rimuovere depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terrecotte e intonaci. Sottoposti ad impulsi successivi (spot) di raggio laser, i depositi superficiali li assorbono selettivamente, con una conseguente evaporazione di sostanze con la rottura dei legami chimici e con un effetto fotomeccanico. Inoltre, l'onda d'urto collegata alla rapida espansione dei gas emessi durante la fase appena descritta, provoca un effetto di "spallazione", per il quale le particelle di deposito debolmente aderenti alla superficie vengono rimosse. Lo strato interessato viene colpito dalla radiazione per spessori di qualche micron. Non viene quindi intaccato lo strato sottostante, che normalmente dimostra un coefficiente di assorbimento inferiore (specialmente se di colore chiaro). Il laser permette di rispettare integralmente la patina di materiali sui quali siano presenti croste e depositi scuri; per contro ha alti costi di esercizio, dovuti alla specificità dell'apparecchiatura e ai tempi di intervento.

Il raggio può attualmente essere condotto sulla superficie da pulire utilizzando un braccio snodato meccanico della lunghezza di circa m 2 (all'interno degli snodi sono posizionati degli specchi e il braccio termina con un utensile che l'operatore utilizza manualmente), o un sistema a fibre ottiche che conducono le radiazioni sino ad una pistola che viene utilizzata direttamente dall'operatore (la distanza tra apparecchio e superficie si aggira intorno a m 10-12). L'apparecchio deve possedere buone doti di maneggevolezza, avere la possibilità di regolare l'emissione di energia per impulso, la modulazione delle frequenze di emissione, la focalizzazione del raggio sulla superficie dell'oggetto da pulire.

Andranno attentamente verificati in fase operativa i tempi, la lunghezza d'onda e l'energia di impulso dell'apparecchiatura che verrà utilizzata; risulta pertanto importante effettuare un'appropriata selezione delle condizioni di lavoro anche in riferimento al substrato. Dovranno quindi essere eseguite analisi conoscitive preliminari oltre che del supporto anche del deposito, oltre ad una serie di saggi di pulitura identificando eventuali porzioni pigmentate. Si potrà quindi operare in modi diversi e in maniera selettiva adottando essenzialmente due sistemi. A) sistema diretto: Free Running o Q-Switching atto alla rimozione diretta del deposito; B) sistema indiretto: Free Running con energie incidenti controllate, atte semplicemente a staccare il deposito dal substrato, da rimuovere successivamente con altre tecniche (bisturi). L'apparecchiatura sarà sempre utilizzata da personale altamente specializzato in grado di valutare attentamente i risultati ottenuti, eventualmente variando di volta in volta i parametri esecutivi ed applicativi (lunghezza d'onda, durata, ripetizione degli impulsi, energia del flusso, sezione trasversale, convergenza del fascio). In questo modo il laser potrà essere "messo a punto" in modo da ottenere risultati specifici (autolimitazione, selettività, discriminazione).

Microaeroabrasivo - La microsabbatura di precisione tramite microaeroabrasivo utilizza aria compressa disidratata e ugelli in grado di proiettare inerti di vario tipo sulle superfici da pulire. Si possono utilizzare ugelli di vario diametro (0,4 - 3 mm) da scegliere in rapporto alla pressione d'esercizio (0,5 - 4 atm), alla granulometria dell'inerte, al tipo di supporto da pulire. Gli inerti potranno essere microsfele di vetro o di allumina, corindone bianco, silice micronizzata, del diametro di qualche decina di micron (coefficiente di durezza della scala mosh=9; dimensioni sfere 100-150-180-200 mesh), carbonato di calcio o bicarbonato di sodio che hanno durezza di poco superiore alla superficie da pulire (durezza=3mosh).

Il vantaggio dell'impiego della microsabbatura risiede nella possibilità di esercitare l'azione abrasiva con grande puntualità e con gradualità, anche in zone particolarmente sfavorevoli (sottosquadri, cornici), regolando la pressione di esercizio; per essere impiegata al meglio, e per la delicatezza dell'apparecchiatura, richiede l'intervento di operatori altamente qualificati e l'impiego su superfici poco estese. È particolarmente indicata sui materiali lapidei, in cotto e suintonaci compatti.

Vortice d'aria elicoidale - Il sistema (jos) sfrutta un vortice d'aria elicoidale a bassissima pressione (0,1 -1,0 bar) ed inerti con granulometria di pochi micron quali il carbonato di calcio, gusci di noce, noccioli, polvere di vetro, granturco macinato (durezza da 1 a 4 mosh, granulometria da 5 a 300 micron). Potrà essere impiegato a secco o a umido con bassi impieghi di quantitativi d'acqua (5 - 60 l/h) a seconda del tipo di ugello e della superficie da ripulire. La proiezione a vortice degli inerti colpisce la superficie secondo direzioni subtangenziali, secondo più angoli di incidenza, ottenendo pertanto buoni risultati di pulitura sia su superfici lapidee che su metalli, legni, superfici pittoriche ed affreschi. Potrà impiegarsi su superfici sporche di particellato atmosferico, incrostazioni calcaree, croste nere, graffiti, alghe, muschi e licheni. Il moto vorticoso impresso all'aria è creato dall'ugello che potrà essere di varie dimensioni. Il sistema richiede l'impiego di compressori di grandi dimensioni dotati di regolatore di pressione. La distanza di esercizio tra ugello e materiale varia normalmente tra i cm 35 e i 45.

Aeroabrasivo ad umido a bassa pressione - Si impiegheranno sistemi ad aria compressa a bassa pressione (1-5 bar) e ugelli di vario diametro (mm 1-8). La superficie interessata verrà irrorata da un aerosol di acqua deionizzata nebulizzata mista ad inerti selezionati come quelli impiegati per il microaeroabrasivo (silice micronizzata; ossidi di alluminio, microsfele di vetro).

Ultrasuoni - Utilizzati generalmente in veicolo acquoso, richiedono una notevole perizia nell'impiego in quanto possono generare microfratture all'interno del materiale. Sempre da utilizzarsi in maniera puntuale e dietro autorizzazione specifica della D.L.

Sabbatura - Assolutamente da non impiegarsi su manufatti porosi e degradati può diventare utile su superfici molto compatte, utilizzando abrasivi sintetici o naturali a pressioni piuttosto basse (500-2000 g/m²). La sabbatura è ottimale per la pulitura a metallo bianco di parti in ferro ossidate (in questo caso le pressioni sono maggiori e gli abrasivi possono anche essere, metallici) e anche per la rimozione di vernici e pitture da parti in legno, sempre e comunque utilizzando abrasivi ben calibrati a pressioni controllate dietro esplicita richiesta della D.L. e sua autorizzazione.

Altri sistemi di pulitura meccanici sono assolutamente da non impiegarsi in quanto possono comportare la distruzione sistematica della superficie del materiale sottoposto a trattamento e quindi inaccettabili dal punto di vista conservativo. Non sono quindi da impiegare: l'idrosabbatura, la sabbatura ad alta pressione, l'uso di spazzole rotanti in ferro, di scalpelli o di dischi e punte abrasive, l'impiego di acqua o vapore ad alta pressione e temperatura.

Sistemi di tipo chimico - Da impiegarsi su superfici ridotte ed in maniera puntuale come specificato negli Artt. 2.11 e 2.12. Per pulire murature e paramenti da croste, da macchie o da strati sedimentati di particellato, cere, film protettivi.

Si basano sull'applicazione di reagenti che intaccano le sostanze leganti dei depositi; sono per lo più sali (carbonati) di ammonio e di sodio, da applicare con supporti di carta giapponese o compressa di cellulosa, per tempi che variano da pochi secondi a qualche decina di minuti, a seconda del materiale da trattare e dello spessore delle croste. Fra i prodotti più usati l'AB57, utilizzato per i materiali lapidei (vedi B, Art. 11).

Altre tecniche di pulitura di tipo chimico prevedono l'aspersione delle superfici dei materiali con:

- acidi - cloridrico, fosforico, fluoridrico (possono creare sottoprodotti quali sali insolubili, oltre che corrodere il carbonato di calcio);
- alcali - a pH 7-8, come il bicarbonato di ammonio e o di sodio, da non impiegarsi per calcari e marmi porosi (possono portare alla formazione di sali);
- carbonato di ammonio - diluito al 20% in acqua, utile ad eliminare sali di rame;
- solventi basici - per la eliminazione degli oli (butilammina, trietanolammina);
- solventi clorurati - per la eliminazione di cere.

Questi prodotti estendono quasi sempre la loro azione anche al materiale sano e portano alla comparsa di macchie, vanno quindi attentamente calibrati, testati e finalizzati in relazione al supporto:

- solventi alifatici o sverniciatori - per rimuovere anche notevoli spessori di vernice da legno e metallo senza intaccare il materiale sottostante (toluene, metanolo e ammoniaca per vernici e bitume);
- impacchi biologici - per la pulitura dei materiali lapidei da croste nere, che consistono nell'applicazione di prodotti a base ureica in impasti argillosi, da coprire con fogli di polietilene e da lasciare agire per diverse decine di giorni,

prima di rimuovere il tutto e disinfettare la superficie trattata. L'efficacia dell'impacco biologico è legata allo sviluppo di colonie di batteri che intaccano i leganti gessosi delle croste.

Nella scelta di uno dei sistemi di pulitura presentati o di più sistemi da impiegare sinergicamente, bisogna considerare che l'azione di rimozione del materiale di deposito può comunque intaccare irreversibilmente anche la superficie da pulire. Spesso è impossibile rimuovere completamente i depositi dalla superficie dei materiali senza distruggerla: è il caso in cui le sostanze esterne siano penetrate troppo in profondità, o siano fissate così solidamente da essere raggiunte dai sistemi di pulitura. In questi casi è conveniente rinunciare ad un intervento approfondito, a meno che ciò non sia pregiudizio per la durata del materiale stesso.

Inoltre, non è infrequente il caso in cui il materiale da pulire (generalmente pietra, intonaco, legno, pitture) sia già profondamente degradato, al punto che ogni azione meccanica, compresa l'applicazione degli impacchi, comporterebbe la caduta di parti esfoliate o rese incoerenti. È allora consigliabile procedere ad un'operazione di preconsolidamento, applicando sulla superficie da trattare, o nelle zone maggiormente compromesse, dei preparati consolidanti. Così fissato, il materiale può essere pulito, ma può darsi il caso (quando il preconsolidamento è richiesto dalla mancanza di coesione delle parti superficiali) che ulteriori operazioni di pulitura siano impossibili. Spesso il preconsolidamento è richiesto non tanto dal forte decoesione del materiale, quanto dall'impiego di tecniche di pulitura piuttosto energiche in presenza di lesioni o distacchi anche lievi; in questi casi, dopo la pulitura, il consolidante impiegato preventivamente può anche essere rimosso, a condizione che si tratti di sostanze reversibili.

Sistemi di tipo meccanico - Si potranno impiegare utensili di vario tipo quali spazzole di saggina, bisturi, spatole metalliche, microscalpelli, microtrapani, vibroincisori elettrici o ad aria compressa. Questi ultimi saranno da utilizzarsi per rimuovere puntualmente depositi consistenti di materiali di varia natura quali croste nere, depositi calcarei, stuccature cementizie, materiali incompatibili con il supporto.

Art. 4.2.3 - Bonifica da macro e microflora

Un particolare tipo di pulitura è quello che riguarda la bonifica dell'ambiente circostante al materiale, o la sua stessa superficie, da vegetazione inferiore o superiore: muschi, licheni, alghe, apparati radicali di piante infestanti. Questi trattamenti possono essere effettuati in maniera meccanica e/o spargendo disinfestanti liquidi (da applicare a pennello o con apparecchiatura a spruzzo), in gel o in polvere, ripetendo il trattamento periodicamente. È necessario impiegare prodotti la cui capacità tossica decada rapidamente, in modo da non accumularsi nel terreno, e la cui efficacia sia il più possibile limitata alle specie invasive da eliminare.

Questi tipi di trattamenti andranno sempre effettuati con la massima cura ed in piena sicurezza per gli operatori, sempre e comunque autorizzati dalle autorità competenti alla tutela del bene, dietro specifica autorizzazione e controllo della D.L.

Mai da effettuarsi in maniera generalizzata, ma puntuale e finalizzata previa l'acquisizione di tutti i dati necessari per la conoscenza precisa del materiale sottostante (consistenza fisico-materica, composizione chimica), del tipo di infestante presente e del tipo di prodotto da utilizzarsi.

Art. 4.2.3.1 - Eliminazione di piante superiori

Esistono numerosissime specie di piante che allignano di preferenza sui muri o alla base di questi o che comunque si adattano molto bene a vivere su questo tipo di substrato.

Queste essenze sono in grado di emettere, attraverso l'apparato radicale, una serie di sostanze dette diffusanti (costituite principalmente da acidi organici e alcaloidi) capaci di digerire specialmente le malte delle murature, gli intonaci, gli stucchi e, entro certi limiti, anche le pietre ed i laterizi. L'azione delle radici sulle strutture murarie non comporta ovviamente danni di sola natura chimica, ma provoca anche ben più gravi danni di natura meccanica, dovuta alla spinta perforante degli apparati radicali. Grazie infatti alle loro innate capacità, le radici riescono a penetrare tra leganti e intonaci, microfessure, rotture del materiale, dove vanno a radicare sviluppandosi e aumentando continuamente di diametro sino a diventare veri e propri cunei ad azione progressiva. Oltre a produrre una azione meccanica fortemente negativa per ogni genere di muratura, riescono a creare corsie preferenziali di penetrazione alle acque meteoriche che potranno quindi con più facilità disgregare malte ed intonaci, produrre nuove azioni meccaniche tramite i cicli del gelo e disgelo, aumentando progressivamente le aree interessate da fenomeni fessurativi.

La eliminazione della vegetazione infestante dovrà avere inizio con una estirpazione frenata, cioè una estirpazione meccanica che assolutamente non alteri i materiali componenti la muratura.

Vanno quindi ovviamente scartati i mezzi che a prima vista potrebbero apparire risolutivi (come per esempio il fuoco), ma che potrebbero alterare profondamente il substrato del muro.

Tutte le specie arboree ed erbacee dovranno essere estirpate nel periodo invernale, tagliandole a raso con mezzi adatti, a basso spreading di vibrazioni.

In ogni caso sempre si dovranno tenere presenti i seguenti fattori:

- la resistenza allo strappo opposta dalle radici;
- l'impossibilità di raggiungere con mezzi meccanici le radici ed i semi penetrati in profondità, senza recare danni ulteriori alla struttura muraria da salvaguardare;
- le modalità operative che si incontrano nel raggiungere, tutte le parti infestate.

L'operazione di controllo e di eliminazione della vegetazione spontanea dovrà garantire il pieno rispetto delle strutture e dei paramenti dell'edificio su cui si opera, sarà quindi necessario intervenire con la massima cautela, sempre utilizzando prodotti chimici a completamente dell'intervento di estirpazione meccanica che mai riuscirà a soddisfare i requisiti di cui sopra.

L'impiego di sostanze chimiche dovrà offrire tutte le garanzie necessarie, consentendo con una semplice irrorazione di eliminare tutte quelle essenze non gradite.

I requisiti fondamentali di un formulato ottimale per il controllo della vegetazione spontanea saranno:

- assenza di qualsiasi azione fisica o chimica, diretta o indiretta nei riguardi delle strutture murarie che debbono essere trattate;
- il prodotto nella sua formulazione commerciale dovrà essere incolore, trasparente e non lasciare, dopo l'applicazione, residui inerti stabili; sono da escludersi pertanto tassativamente tutti quei prodotti colorati, oleosi e che possono lasciare tracce permanenti del loro impiego;
- neutralità chimica;
- atossicità nei riguardi dell'uomo, degli animali domestici e selvatici;
- assenza di fenomeni inquinanti per le acque superficiali e profonde delle zone interessate all'applicazione.

Il principio attivo dovrà essere stabile, dovrà cioè restare nettamente entro i limiti della zona di distribuzione, senza sbavature, che potrebbero estendere l'azione del formulato anche in altri settori che non sono da trattare.

Dovrà essere degradabile nel tempo ad opera delle microflora del substrato.

Per la esecuzione degli interventi sarà consentito l'uso dei seguenti prodotti:

- Clorotriazina
"Il prodotto, posto in commercio con il marchio Primatol M50, è una polvere bagnabile al 50% di principio attivo ed è stato assegnato alla terza classe tossicologica. L'inerzia chimica del principio attivo e la scarsissima solubilità, lo rendono molto stabile. Poiché agisce principalmente per assorbimento radicale, sarà particolarmente indicato per il trattamento delle infestanti sia a foglia larga (dicotiledoni) sia a foglia stretta (graminacee).
- Metositrizina
"Il prodotto posto in commercio con il marchio Primatol 3588, è formulato in polvere bagnabile al 25% di principio attivo, con il 2% di GS 13529 è stato assegnato alla terza classe tossicologica. Per le sue caratteristiche chimiche è molto stabile nel terreno, ove penetra a maggior profondità rispetto al formulato precedente.
"Questo agirà per assorbimento radicale e fogliare, sarà quindi caratterizzato da una vasta gamma di azione anche su infestanti molto resistenti. Sarà particolarmente adatto per applicazioni su strutture murarie.

Dopo l'applicazione di questi formulati, sarà necessario controllarne l'efficacia dopo un periodo di almeno 60 giorni.

Durante la fase operativa dovrà sempre essere tenuto presente il concetto fondamentale del rispetto assoluto delle strutture murarie e dei paramenti da difendere ed anche delle eventuali essenze da salvare, scegliendo la via della moderazione e della prudenza.

Art. 4.2.3.2 - Eliminazione di alghe, muschi e licheni

Muschi, alghe e licheni crescono frequentemente su murature di edifici in aree fortemente umide, in ombra, non soggette a soleggiamento, o, ancora, perchè alimentate da acque da risalita, meteoriche, disperse, da umidità di condensazione.

Nei limiti del possibile quindi, prima di operare qualsiasi intervento a carattere diretto, sarà necessario eliminare tutte quelle cause riscontrate al contorno generanti le patologie, per evitare che l'operazione di disinfezione perda chiaramente efficacia.

Muschi, alghe e licheni possono esercitare negative azioni chimiche e meccaniche sul substrato che li ospita provocandone la progressiva disgregazione o fenomeni di corrosione, interferendo cromaticamente sull'aspetto delle superfici interessate per impedirne una corretta lettura. L'azione di alcuni tipi di alghe e batteri può portare a concentrare il ferro all'interno di paramenti superficiali, dove esso si ossida e carbonata, macchiando i paramenti stessi in maniera profonda. I licheni, forme simbiotiche di alghe e funghi sono in particolare molto dannosi: penetrando nelle microfessure delle murature con i loro talli, possono esercitare pressioni sulle pareti delle stesse e comunque introdurre soluzioni chimiche corrosive (acido carbonico, ossalico ...).

La disinfezione contro la presenza di alghe cianoficee e cloroficee sarà effettuata mediante appropriati sali di ammonio quaternario (cloruri di alchilidimetilbenzilammonio) si potrebbero utilizzare altri prodotti come il formolo ed il fenolo, pur essendo meno efficaci del precedente.

Sempre per l'operazione di disinfezione contro le alghe potranno essere utilizzati composti di rame quali il solfato di cupitetramina ($\text{NH}_4)_3\text{CuSO}_4$ e i complessi solfato di rame idrazina $\text{CuSO}_4 \cdot (\text{N}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4$, o anche i sali sodici dell'acido dimetiltiocarbammico e del mercaptobenzotriazolo.

I biocidi di cui al presente paragrafo sono generalmente solubili in acqua e saranno utilizzati per l'operazione di disinfezione in soluzioni all'1-3%.

I trattamenti potranno essere ripetuti qualora si ritenesse necessario, e andranno sempre conclusi con abbondanti lavaggi con acqua per eliminare ogni residuo di biocida. Nei casi più ostinati e difficili, potranno essere utilizzate soluzioni più concentrate, eventualmente sospese in fanghi o paste opportune (mediante argilla, metilcellulosa) e lasciate agire per tempi sufficientemente lunghi (1 o 2 giorni).

Per evitare l'uso di sostanze velenose per l'uomo e pericolose per i materiali costituenti le murature, contro alghe cianofiche e cianobatteri, si potrà operare una sterilizzazione mediante l'applicazione di radiazioni ultraviolette di lunghezza d'onda da definirsi, ottenute con lampade da 40W poste a circa cm 10-20 dal muro e lasciate agire ininterrottamente per una settimana.

Sarà necessario prendere precauzioni particolari nella protezione da danni agli occhi degli operatori.

Poiché i muschi crescono su substrati argillosi depositati sulle murature e formano sulla superficie di queste escrescenze ed anche tappeti uniformi piuttosto aderenti, sarà necessario far precedere alla disinfestazione vera e propria una loro rimozione meccanica a mezzo di spatole e altri strumenti (pennelli a setole rigide, ecc.) onde evitare di grattare sulle superfici dei manufatti. L'operazione successiva consisterà nell'applicazione del biocida che potrà essere specifico per certe specie oppure a vasto raggio di azione.

Si potrà ancora agire contro muschi e licheni mediante la applicazione di una soluzione acquosa all'1-2% di ipoclorito di litio, oppure di benzalconio cloruro sempre in soluzione acquosa all'1-2%. Il benzalconio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora e alghe. L'effetto nel controllo algale e della microflora non risulta però persistente. Può essere utilizzato su varie superfici (vetro, metallo, pietra, marmo, ceramica, carta).

Tutti i biocidi menzionati, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela, in quanto possono risultare irritanti, specie in soggetti sensibili, o creare allergie, o essere pericolosi per gli occhi e le mucose.

Si dovranno quindi sempre impiegare, nella loro manipolazione, guanti ed eventuali occhiali, osservando le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'uso di prodotti chimici velenosi.

Art. 4.3 - Consolidamento dei materiali

Art. 4.3.1 - Generalità

Un'operazione piuttosto complessa e delicata all'interno del progetto di conservazione; necessita quindi di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di una approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico-materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per verificare principalmente la natura del supporto, dell'agente patogeno, il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriate di intervento (raccomandazioni NORMAL).

All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L. In ogni caso ogni intervento di consolidamento dovrà essere di carattere puntuale, mai generalizzato. Ad operazione effettuata sarà sempre opportuno verificarne l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo (operazioni comunque da inserire nei programmi di manutenzione periodica postintervento).

Per le specifiche sui prodotti vedi l'Art. 2.12.

Il consolidamento di un materiale consiste in un intervento atto a migliorarne le caratteristiche meccaniche, in particolare la resistenza agli sforzi e la coesione, senza alterare patologicamente le prestazioni igrotermiche. È possibile effettuare vari tipi di consolidamento.

Consolidamento chimico - L'intervento può consistere in un trattamento di somministrazione in profondità di sostanze in soluzione che siano in grado, evaporato il solvente, di fissarsi al materiale elevandone i parametri di resistenza.

Consolidamento corticale - Le stesse sostanze possono essere applicate localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli strati sani sottostanti.

Il trattamento chimico di consolidamento si applica evidentemente a materiali sufficientemente porosi (pietra, malte, laterizi, legname), in grado di assorbire composti leganti compatibili in soluzione.

Le sostanze consolidanti possono essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti naturalmente nel materiale (per esempio il latte di calce o i silicati), oppure sostanze naturali o sintetiche estranee alla composizione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche.

Per i materiali non porosi o scarsamente porosi (metalli, elementi lapidei ad alta densità, vetro, cemento armato), data l'impossibilità di realizzare una diffusa e sicura penetrazione in profondità di sostanze in soluzione, il consolidamento consiste invece nella ricomposizione di fratture, nella solidarizzazione di parti distaccate o nel ripristino delle sezioni reagenti.

Consolidamento strutturale - Il consolidamento può consistere nella messa in opera di elementi rigidi (mediante il calcolo e la realizzazione di nuovi elementi da affiancare a quelli degradati) che sollevano in parte o del tutto il materiale dalla sua funzione statica, compromessa dal degrado o inadatta a mutate condizioni di esercizio.

Le nuove strutture possono essere solidarizzate con quelle esistenti e divenire collaboranti, oppure sostituirle interamente nella funzione portante. Il consolidamento strutturale si avvale di soluzioni che vengono elaborate caso per caso e dimensionate secondo le leggi statiche e della scienza delle costruzioni.

Art. 4.3.1.1 - Applicazione dei principali consolidanti

Il consolidamento chimico si avvale di diverse categorie di prodotti, classificati in base alla composizione e alle modalità di impiego.

Nella scelta del prodotto è fondamentale conoscere in modo approfondito il materiale da trattare, le patologie rilevate o da prevenire e, nel caso di adeguamento funzionale a nuovi carichi e a nuovi standard di sicurezza, le nuove prestazioni funzionali che si richiedono.

Poiché il recupero della coesione e della capacità resistente del materiale è il primo obiettivo del consolidamento, può sembrare opportuno ricorrere a prodotti che saturino quanto più possibile il volume dei pori del materiale. È invece consigliabile usare sostanze che occupano solo parzialmente i pori, in modo da mantenere un'alta permeabilità al vapore. Un altro parametro da non sottovalutare è la profondità di penetrazione e di diffusione della soluzione consolidante, che deve essere più alta possibile, in modo da evitare la formazione di uno strato solamente superficiale ad elevata resistenza o una diffusione disomogenea del prodotto.

La reversibilità è un altro requisito necessario ad un prodotto consolidante: è utile però soprattutto per migliorare la penetrazione del prodotto, somministrando ulteriore solvente e per rimuovere sbavature all'esterno. In pratica è pressoché impossibile estrarre sostanze penetrate e solidificate all'interno di un materiale poroso.

In base alla composizione chimica possiamo individuare due categorie principali di consolidanti: i consolidanti inorganici e quelli organici.

Consolidanti inorganici - Hanno generalmente una grande affinità con i materiali da trattare; si possono impiegare sostanze che possiedono la stessa struttura chimica del materiale da consolidare, come l'idrossido di bario, impiegato sulle malte; in altri casi si impiegano le stesse componenti principali del materiale: così, su malte e su pietre calcaree viene usato il latte di calce, mentre su murature, malte e pietre vengono usati prodotti a base silicatica.

Consolidanti organici - Sono per lo più polimeri sintetici in soluzioni viscosi, che possono provocare difficoltà di penetrazione; capita anche che il solvente, evaporando, riporti il consolidante in superficie. Hanno una buona idrorepellenza, ma invecchiano facilmente per effetto dell'ossigeno atmosferico, dell'acqua, dei raggi ultravioletti, dell'alta temperatura e degli agenti biologici, per cui si fragiliscono e cambiano colore, modificando anche sensibilmente la propria struttura chimica.

I consolidanti inorganici, rispetto a quelli organici, sono piuttosto fragili e poco elastici; saldano solo fratture di lieve entità e possono avere scarsa penetrazione; per contro hanno una durata superiore.

I principali consolidanti organici oggi impiegabili potranno essere:

- resine poliuretaniche: applicate per iniezione una volta polimerizzate si trasformano in schiume rigide, flessibili o in gel utili alla stabilizzazione di terreni o all'isolamento delle strutture dai terreni;
- resine acriliche: applicate a spruzzo, a pennello o per iniezione; eventualmente additivate ad inerti e/o leganti di vario tipo; spesso usate per il consolidamento corticale dedicato e puntuale di intonaci e superfici affrescate; da applicarsi da parte di personale altamente specializzato;
- estere etilico dell'acido silicico: applicato a spruzzo, a piuma, a pennello; eventualmente additivato con protettivi siliconici; utilizzato per il consolidamento corticale di arenarie, pietre silicatiche, paramenti murari in cotto e intonaci in malta di calce.

Metodi applicativi

I metodi di applicazione dei prodotti consolidanti fluidi prevedono l'impiego di strumentazione elementare (pennelli, rulli, apparecchi a spruzzo airless) o, qualora sia necessaria una penetrazione più profonda e capillare, richiedono un impianto di cantiere più complesso: nei casi più semplici bisognerà delimitare e proteggere le zone non interessate dall'intervento in modo da raccogliere e riciclare la soluzione consolidante che non viene assorbita e provvedere a cicli continui di imbibizione. In particolare si possono applicare batterie di nebulizzatori che proiettano il prodotto sulla superficie da trattare, oppure si possono realizzare impacchi di cotone, di cellulosa o di carta giapponese, che vengono tenuti costantemente imbevuti di sostanza consolidante.

Qualora le parti da trattare siano smontabili (statue, elementi decorativi, balaustre estremamente degradate) o distaccate, il trattamento in laboratorio è quello che garantisce la massima efficacia. I manufatti saranno impregnati in contenitori di resina, per immersione parziale o totale o per impregnazione sotto vuoto. Anche su materiali in situ è comunque possibile ottimizzare l'impregnazione ricoprendo le parti da trattare con fogli di polietilene e sigillandone i bordi con lattice di gomma e nastri adesivi, in modo da poter creare il vuoto fra superficie della pietra e fogli di protezione, dove può essere iniettata la resina. In alternativa si possono realizzare, con lo stesso principio e gli stessi materiali, delle tasche di dimensioni ridotte per impregnare a fondo zone articolate e particolarmente degradate.

I tempi di applicazione cambiano in rapporto al prodotto, al sistema scelto, alla porosità del materiale e possono variare da poche ore a diversi giorni.

In generale i prodotti consolidanti potranno essere applicati:

- ad airless, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione da pompa oleo-pneumatica;
- tramite applicazione a pennello morbido sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile

alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto di bagnato;

- tramite applicazione a tasca, da utilizzarsi per impregnazioni particolari di decori, oggetti, formelle finemente lavorate e fortemente decoesionate. Si tratta di applicare intorno alla zona da consolidare una sorta di tasca, collocando nella parte inferiore una specie di gronda impermeabilizzata (per esempio di cartone imbevuto di resina epossidica), con lo scopo di recuperare il prodotto consolidante in eccesso. La zona da consolidare potrà essere ricoperta da uno strato di cotone idrofilo ed eventualmente chiusa da politene; nella parte alta, viceversa, si collocherà un tubo con tanti piccoli fori con la funzione di distributore. Il prodotto consolidante sarà spinto da una pompa nel distributore e da qui attraverso il cotone idrofilo penetrerà nella zona da consolidare: l'eccesso di resina si raccoglierà nella grondaia verrà recuperato e rimesso in circolo; sarà necessario assicurarsi che il cotone idrofilo sia sempre perfettamente in contatto con la superficie interessata;
- applicazione per percolazione: si tratta di una semplificazione del metodo precedente; un opportuno distributore verrà collocato nella parte superiore della superficie da trattare, il prodotto, distribuito lungo un segmento, per gravità tenderà a scendere impregnando la superficie da trattare per capillarità. La quantità di prodotto in uscita dal distributore dovrà essere calibrata in modo tale da garantire un graduale e continuo assorbimento evitando eccessi di formulato tali da coinvolgere aree non interessate. Il distributore potrà essere costituito da un tubo o da un canaletto forato con, nella sua parte inferiore, un pettine o una spazzola con funzione di distributore.

Per le specifiche sui prodotti vedi l'Art. 2.12.

Art. 4.4 - Protezione dei materiali

Art. 4.4.1 - Generalità

Operazione da effettuarsi nella maggior parte dei casi al termine degli interventi prettamente conservativi. La scelta delle operazioni di protezione da effettuarsi e/o degli specifici prodotti da utilizzarsi andrà sempre concordata con gli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento, così pure dietro autorizzazione e indicazione della D.L. L'utilizzo di specifici prodotti sarà sempre preceduto da test di laboratorio in grado di verificarne l'effettiva efficacia in base al materiale da preservare. L'applicazione di prodotti protettivi rientra comunque nelle operazioni da inserire nei programmi di manutenzione periodica postintervento.

Per le specifiche sui prodotti vedi l'Art. 2.12.2. Gran parte delle patologie di degrado dei materiali da costruzione dipende da alterazioni provocate da agenti esterni (infiltrazioni d'acqua, depositi superficiali di sostanze nocive...). Ogni intervento di conservazione, per essere tale, non deve avere come obiettivo solamente il risanamento del materiale, ma anche la sua ulteriore difesa dalle cause che hanno determinato l'insorgere dello stato patologico.

In certi casi è possibile un'azione radicale di eliminazione totale della causa patologica, quando questa è facilmente individuabile e circoscritta e dipende da fattori accidentali o comunque strettamente legati alle caratteristiche del manufatto. Al contrario, in un gran numero di situazioni le patologie sono generate da cause non direttamente affrontabili e risolvibili nell'ambito dell'intervento: presenza di sostanze inquinanti nell'atmosfera, piogge acide, fenomeni di tipo sismico o di subsidenza del terreno.

In genere queste due tipologie di cause degradanti si sovrappongono, per cui l'intervento, per quanto preciso, potrà prevenirne o eliminarne solo una parte.

Art. 4.4.2 - Interventi indiretti e diretti

Per salvaguardare i materiali dagli effetti delle condizioni patologiche non eliminabili bisogna prevedere ulteriori livelli di intervento, che possono essere di tipo indiretto o diretto.

Interventi indiretti - a) In condizioni ambientali insostenibili, per esempio per alto tasso di inquinamento chimico dell'aria, un intervento protettivo su manufatti di piccole dimensioni consiste nella loro rimozione e sostituzione con copie. Operazione comunque da sconsigliarsi, perché da un lato priva il manufatto stesso dell'originalità connessa alla giacitura e dall'altro espone le parti rimosse a tutti i rischi (culturali e fisici) legati all'allontanamento dal contesto e alla conseguente musealizzazione. Da effettuarsi esclusivamente in situazioni limite, per la salvaguardia fisica di molti oggetti monumentali, soprattutto se ormai privi (preesistenze archeologiche) di un effettivo valore d'uso.

b) Variazione artificiosa delle condizioni ambientali a mezzo di interventi architettonici (copertura protettiva dell'intero manufatto o di parti di esso con strutture opache o trasparenti) o impiantistici (creazione di condizioni igrotermiche particolari).

Interventi diretti - Le operazioni sopra descritte risultano decisamente valide (ancorché discutibili nelle forme e nei contenuti) ma applicabili solo a manufatti di piccole dimensioni o di grande portanza monumentale; viceversa, non sono praticabili (e neanche auspicabili) sul patrimonio edilizio diffuso, dove è opportuno attuare trattamenti protettivi direttamente sui materiali.

Questi possono essere trattati con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, applicate a formare una barriera superficiale trasparente e idrorepellente che impedisca o limiti considerevolmente il contatto con sostanze patologiche esterne. È sconsigliabile l'impiego, a protezione di intonaci e materiali lapidei, di scialbi di malta di calce, da utilizzare come strato di sacrificio; il risultato è l'occultamento della superficie del manufatto e l'esibizione del progressivo degrado che intacca la nuova superficie fino a richiederne il rinnovo. Da qui il rigetto che

nasce spontaneo di fronte a forme di intervento irreversibili o che nascondono la superficie del manufatto sotto uno strato di sacrificio che rende difficile valutare l'eventuale avanzamento e propagarsi del degrado oltre lo strato protettivo.

Anche i protettivi chimici hanno una durata limitata, valutabile intorno alla decina di anni, ma, oltre che per le caratteristiche di trasparenza, sono preferibili agli scialbi in quanto realizzano un ampio filtro contro la penetrazione dell'acqua e delle sostanze che questa veicola.

In alcuni casi sono le stesse sostanze impiegate nel ciclo di consolidamento che esercitano anche un'azione protettiva, se sono in grado di diminuire la porosità del materiale rendendolo impermeabile all'acqua.

Le principali caratteristiche di base richieste ad un protettivo chimico sono la reversibilità e l'inalterabilità, mentre il principale requisito prestazionale è l'idrorepellenza, insieme con la permeabilità al vapore acqueo.

La durata e l'inalterabilità del prodotto dipendono innanzi tutto dalla stabilità chimica e dal comportamento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad influire sulle prestazioni, può portare alla formazione di sostanze secondarie, dannose o insolubili, che inficiano la reversibilità del prodotto.

I protettivi più efficaci per materiali lapidei naturali ed artificiali, intonaci e cotti appartengono essenzialmente alla classe dei composti organici e dei composti a base di silicio (vedi l'Art. 2.12.2). Secondo le problematiche riscontrate potranno essere impiegati composti organici o composti a base di silicio.

Composti organici

- Polimeri acrilici e vinilici: poliacrilati, impermeabilizzanti per materiali porosi da utilizzare in situazioni limite in quanto riducono fortemente la permeabilità; sotto forma di lattici possono essere impiegati per creare barriere protettive contro l'umidità oppure applicati come mani di fondo per migliorare l'adesività di malte ed intonaci (primer);
- resine poliuretaniche: oltre che come consolidanti, utilizzando l'acqua come reagente si possono impiegare come impermeabilizzanti e sono in grado di creare barriere verticali extramurarie contro infiltrazioni trasformandosi in schiume rigide; è possibile impiegarle insieme a resine acriliche per il completamento della tenuta contro le infiltrazioni d'acqua;
- metacrilati da iniezione: catalizzati ed iniettati si trasformano in gel polimerici elastici capaci di bloccare venute d'acqua dolce o salmastra; sono in grado di conferire tenuta all'acqua a murature interrato o a contatto con terreni;
- perfluoropolietere ed elastomeri fluororati: adatti al consolidamento ed alla protezione di materiali lapidei; ottime le doti di stabilità, reversibilità e permeabilità; scarsa la penetrabilità; il loro impiego dovrà essere attentamente valutato quando in presenza di manufatti fortemente degradati che richiedano particolari prestazioni ai prodotti protettivi.

Composti a base di silicio

- Resine silconiche: silossani, polisilossani, resine metilsilconiche diluite con solventi organici; si prestano molto bene per l'impregnazione di manufatti ad alta porosità; da applicarsi su manufatti scarsamente alcalini; saranno da evitare prodotti ad effetto perlante che in genere possiedono scarsa penetrabilità, possono causare l'effetto lucido, sono spesso causa di eccessivo e concentrato ruscamento superficiale (veicolo di particolato atmosferico);
- silani: esattamente alchil-alcossi-silani, per le ridotte dimensioni delle molecole del monomero (uguali a quelle dell'acqua) hanno ottima penetrabilità e capacità di trattare superfici umide; devono essere impiegati su supporti alcalini e silicei, risultano pertanto adatti su manufatti in cotto, materiali lapidei e in tufo, intonaci in malta bastarda; da non impiegarsi su marmi carbonatici, intonaci di calce; ottimo l'impiego di alchil-silani idrosolubili per le barriere contro la risalita capillare;
- oligo silani: polimeri reattivi a basso peso molecolare, generalmente alchil-silossani; migliore la penetrazione rispetto alle resine silconiche, peggiore rispetto alle silaniche; buono l'utilizzo su supporti compatti e scarsamente assorbenti, offrono sufficienti garanzie contro l'aggressione delle soluzioni alcaline;
- organo siliconi: costituiti da molecole di alchil-silani condensate con gruppi idrofili sono solubili in acqua; in assenza di solventi organici risultano atossici; permettono trattamenti di supporti umidi.

I protettivi da utilizzarsi per i legnami saranno di vario tipo e verranno impiegati in base alla tipologia, esposizione ed esercizio del manufatto da proteggere. Saranno da evitare applicazioni di forti spessori di prodotto, in quanto il legno va protetto e non isolato dall'ambiente come qualsiasi altro materiale. Si potranno impiegare vernici a base di resine naturali (vernici a spirito o lacche all'alcool), vernici alla copale (soluzioni della resina in essenza di trementina, eventualmente addizionate con piccole quantità di olio siccativo), vernici a base di resine sintetiche monocomponenti (le cosiddette flatting a base di oleo-resine) che possono essere trasparenti o pigmentate (queste ultime risultano più resistenti). I prodotti vernicianti devono possedere elevata plasticità, basso coefficiente di dilatazione termica, resistenza ai raggi UV, penetrabilità, idrorepellenza, permeabilità al vapore d'acqua, facilità di manutenzione. Si potranno utilizzare in alternativa prodotti impregnanti non pellicolanti. Gli impregnanti sono normalmente a base di oli o resine in solvente miscelati con adatti biocidi, sono applicabili a pennello, a rullo o per immersione, hanno un'ottima resistenza e penetrazione, consentono inoltre una facile manutenzione.

Ancora si possono impiegare in special modo su superfici piuttosto degradate, materiali naturali quali olio di lino o cere naturali (normalmente cera d'api in soluzione al 40% in toluene).

I protettivi da utilizzarsi per i manufatti in ferro andranno scelti in base alla tipologia del materiale, al suo stato di degrado, alle sue condizioni di esercizio (ambientali, fisico-chimiche), all'effetto che si vorrà ottenere, al tempo di essiccazione dei prodotti, al tipo di esposizione. Si potranno pertanto impiegare sistemi all'olio di lino, al cloro-caucciù, fenolici, epossidici, vinilici, poliuretanici, per l'impiego e l'utilizzo dei quali si rimanda alle specifiche dell'Art. 4.14.

Art. 4.4.3 - Sistemi applicativi

La fase applicativa dei prodotti protettivi richiederà una certa cautela ed attenzione, sia nei confronti del materiale sia per l'operatore che dovrà essere munito di apposita attrezzatura di protezione secondo normativa.

In generale i prodotti dovranno essere applicati su supporti puliti, asciutti e privi di umidità a temperature non eccessive (possibilmente su paramenti non esposti ai raggi solari) onde evitare un'evaporazione repentina dei solventi utilizzati.

L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme, sino a rifiuto.

In generale i prodotti potranno essere applicati:

- ad airless, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione da pompa oleo-pneumatica;
- tramite applicazione a pennello morbido sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto di bagnato.

Art. 4.5 - Lavori di fondazione

Art. 4.5.1 - Lavori preliminari

L'Appaltatore, prima di dare inizio a qualsiasi lavoro che riguarda operazioni di tipo statico e strutturale, dovrà in prima analisi verificare la consistenza delle strutture di fondazione oltre alla natura del terreno su cui gravano. Dovrà successivamente eseguire piccoli scavi verticali in aderenza alle murature perimetrali. Salvo particolari disposizioni della D.L. dovranno avere dimensioni tali (almeno 110-180 cm) da permettere lo scavo a mano e un'agevole estrazione del materiale di risulta.

Se il manufatto si presenterà gravemente compromesso, previa specifica indicazione della D.L., sarà necessario prima d'intervenire in qualsiasi modo, procedere ad operazioni di preconsolidamento mediante iniezione di cemento o parziali ricostruzioni della tessitura muraria e di fondazione.

Gli scavi si eseguiranno sino al piano di posa delle fondazioni e dovranno essere opportunamente sbadacchiati in relazione alla natura e composizione del terreno e alla profondità raggiunta, seguendo le indicazioni fornite dalla D.L. Effettuato lo scavo sarà possibile analizzare le caratteristiche costruttive del manufatto e delle sue fondazioni, l'utilizzo dei vari materiali e la loro natura, oltre a fare il rilievo delle dimensioni e dello stato conservativo delle fondazioni stesse. Informazioni utili si potranno ricavare sulla natura del terreno utilizzando opportuni mezzi di indagine come specificato ai paragrafi 4.5.1.1 e 4.5.1.2. utilizzando tecniche di trivellazione e carotaggio. La profondità di indagine sarà rapportata al carico ed alla larghezza delle fondazioni in modo da accertare se l'eventuale cedimento sia da imputare alla resistenza a compressione dello strato superficiale, alla consistenza degli strati sottostanti, alla subsidenza del terreno, alla presenza di falde freatiche o ad altre cause ancora. I risultati forniti dall'esame dei campioni potranno essere integrati mediante l'esecuzione di indagini geofisiche entro le perforazioni (carotaggio sonico, misura diretta di velocità tra coppie di fori). In casi particolari sarà possibile utilizzare metodi geofisici di superficie (sismica a rifrazione, sondaggi elettrici, radar) senza l'esecuzione di scavi e perforazioni, per l'eventuale ricerca di sottomurazioni, platee, plinti, ecc.

I saggi e le eventuali indagini geognostiche dovranno essere condotti nei modi stabiliti dal C.M. del 6 novembre 1967, n. 3797 (istruzione per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni), dal D.M. 21 gennaio 1981 e dalla successiva C.M. 3 giugno 1981, n. 21597 e con le modalità contenute nelle "Raccomandazioni sulla programmazione e l'esecuzione delle indagini geotecniche" redatte dall'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I. 1977).

Gli oneri relativi alle indagini ed alle prove da effettuarsi sui terreni e sui manufatti sono a totale carico dell'Appaltatore.

Art. 4.5.1.1 - Sondaggi meccanici e prelievo campioni

È spesso opportuno verificare la natura e le caratteristiche dei terreni che in varie occasioni possono essere responsabili dello stato di degrado della struttura di fondazione.

Per tali indagini si utilizzano di preferenza sondaggi a rotazione con carotaggio continuo. I fori eseguiti permettono il prelievo di campioni indisturbati rappresentativi dei diversi strati di terreno, in modo da fornire un'accurata descrizione dei terreni. Gli stessi fori possono essere utilizzati per la esecuzione di indagine geotecniche e geofisiche, nonché per l'installazione di strumentazione geotecnica atta a controllare il comportamento deformativo dei terreni di fondazione e le eventuali variazioni dei livelli di falda.

Art. 4.5.1.2 - Indagini geotecniche e geofisiche

Le indagini di tipo geotecnico risultano utili per la valutazione dei parametri che definiscono il comportamento dei terreni di fondazione in particolar modo dal punto di vista della resistenza al taglio, della deformabilità e dello stato tensionale.

I fori di sondaggio sono in primo luogo utili per effettuare prove in situ per caratterizzare il terreno nello stato in cui si trova in natura.

Le prove da effettuarsi saranno da scegliersi tra quelle di seguito elencate in relazione alla natura dei terreni ed al problema geotecnico da affrontare:

- prove penetrometriche statiche;
- prove penetrometriche dinamiche;
- prove scissometriche;
- prove pressiometriche;
- prove di permeabilità.

Su campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi si possono eseguire prove di laboratorio da definirsi in relazione alla natura dei terreni e al problema geotecnico da affrontare:

- prove di classificazione;
- prove di consolidazione edometrica;
- prove di permeabilità;
- prove di compattazione;
- prove triassiali;
- prove dinamiche.

Nelle perforazioni eseguite si potranno compiere rilievi geofisici a completamento degli studi sulle caratteristiche dei terreni. Tali misure sono:

- carotaggio sonico, fatto mediante speciale sonda, provvista alle due estremità di emettitore e ricevitore, in grado di eseguire una serie continua di misure di velocità sonica lungo l'asse del foro;
- misure di cross-hole, consistono nella misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali e trasversali fra due coppie di fori paralleli.

Art. 4.5.2 - Consolidamento mediante sottofondazioni

I lavori di sottofondazione non dovranno in alcun modo turbare la stabilità del sistema murario da consolidare né quella degli edifici adiacenti.

L'Appaltatore dovrà pertanto adottare tutti quegli accorgimenti e quelle precauzioni utili alla messa in sicurezza del manufatto nel rispetto della normativa vigente.

Una volta eseguite tutte le opportune puntellature delle strutture in elevazione si identificheranno le zone di intervento procedendo "per i cantieri", s'inizieranno quindi gli scavi che si effettueranno da un lato della muratura o da entrambi i lati per murature di forte spessore (>150 cm); le dimensioni degli scavi dovranno essere quelle strettamente necessarie all'esecuzione dei lavori, in modo comunque da consentire una buona realizzazione della sottomuratura. Si effettueranno fino alla quota del piano di posa della vecchia fondazione armando le pareti del cavo a mano a mano che lo si approfondisce.

Una volta raggiunta con il primo settore la quota d'imposta della fondazione si procederà alla suddivisione in sottoscavi (con larghezza variabile in base alle caratteristiche della muratura e del terreno), si interporranno quindi dei puntelli tra l'intradosso della muratura ed il fondo dello scavo. Infine, si eseguirà il getto di spianamento con magrone di calcestruzzo secondo quanto prescritto negli elaborati di progetto.

Sottofondazioni in muratura di mattoni e malta di cemento - Una volta predisposto lo scavo con le modalità sopra specificate, l'Appaltatore farà costruire una muratura in mattoni e malta di cemento, eseguita a campioni, dello spessore indicato negli elaborati di progetto, lasciando fra nuova e vecchia muratura lo spazio equivalente ad un filare di mattoni; nel cavo fra le due murature dovrà inserire dei cunei in legno duro che, successivamente (3-4 giorni), provvederà a sostituire con cunei più grossi per compensare l'abbassamento della nuova muratura.

Ad abbassamento avvenuto (4° giorno), l'Appaltatore provvederà a fare estrarre i cunei e procederà alla collocazione dell'ultimo filare di mattoni intasando fino a rifiuto con malta di cemento.

Sottofondazioni con solette di calcestruzzo - Una volta predisposto lo scavo con le modalità già specificate, l'Appaltatore posizionerà l'armatura metallica, secondo quanto previsto negli elaborati di progetto, e provvederà, successivamente, all'esecuzione di un getto in modo da creare una porzione di cordolo e da lasciare uno spazio vuoto fra l'estradosso di quest'ultimo e l'intradosso della vecchia fondazione.

Lo spazio vuoto potrà essere riempito, dopo 2-3 giorni, con muratura di mattoni e malta di cemento, avendo sempre l'accortezza di lasciare uno spazio vuoto equivalente ad un filare di mattoni.

Si dovrà, quindi, provvedere all'inserimento della parte vuota di cunei in legno duro con un rapporto tra muratura e zattera del 60%: dopo 3-4 giorni dovranno essere sostituiti con cunei più grossi onde compensare l'abbassamento della nuova muratura.

Si provvederà, infine, all'estrazione dei cunei ed alla collocazione dell'ultimo filare di mattoni intasando fino a rifiuto con malta di cemento.

Sottofondazioni con cordoli o travi in cemento armato - L'Appaltatore dovrà eseguire, secondo le modalità prima descritte, gli scavi da entrambe i lati del tratto di muratura interessata fino a raggiungere il piano di posa della fondazione.

Rimossa la terra di scavo, dovrà effettuare un getto di spianamento in magrone di calcestruzzo e procedere, solo dopo aver creato nella muratura esistente un incavo di alcuni centimetri pari all'altezza del cordolo, alla predisposizione dei casseri, delle armature ed al successivo getto dei cordoli aderenti alla vecchia fondazione, avendo cura di prevedere, in corrispondenza dei collegamenti trasversali richiesti dal progetto, all'inserimento di ferri sporgenti verso l'alto.

Dovrà quindi, dopo l'indurimento del getto, creare dei varchi nella muratura, mettere in opera le armature previste dagli elaborati di progetto ed effettuare il getto con cemento preferibilmente di tipo espansivo.

In attesa dell'indurimento dovrà puntellare in modo provvisorio la struttura.

Art. 4.5.3 - Sottofondazione con pali

Generalità - Il sistema di sottofondazioni su pali verrà utilizzato nei casi in cui il terreno sottostante le fondazioni non sia più in grado di contrastare la spinta della costruzione. Sarà pertanto indispensabile trasferire il carico della costruzione su strati di terreno più resistenti e profondi. Al fine di evitare vibrazioni che potrebbero risultare dannose per le sovrastanti strutture dissestate, sarà vietato l'uso di pali battuti utilizzando in alternativa pali trivellati costruiti in opera con o senza tubo-forma o pali ad elementi prefabbricati infissi mediante pressione statica.

Prima della messa in opera dei pali la D.L., dovrà fissare il numero dei pali su cui si dovranno effettuare le prove di carico che saranno a totale cura e spesa dell'Appaltatore. Le prove saranno utili al fine di studiare il comportamento dell'intera fondazione in base alle caratteristiche dei terreni ed alle condizioni generali di progetto.

La prova di carico dovrà essere effettuata, salvo diverse prescrizioni, interponendo un martinetto (dotato di manometro tarato e di estensimetro) tra la fondazione e la testa del palo annegata in un blocco di calcestruzzo. Il carico verrà trasmesso sulla testa del palo con incrementi successivi non superiori a t 5 ciascuno sospendendolo di volta in volta al fine di consentire diverse letture negli strumenti.

Pali trivellati - A causa dell'evidente difficoltà ad eseguire fori verticali al di sotto della fondazione, i pali potranno essere posti in opera in aderenza alla muratura posizionandoli ai due lati del muro; si dovranno sistemare a contatto con il solo lato esterno se la ridotta altezza dei locali interni non consentirà l'uso dei macchinari di perforazione.

L'Appaltatore procederà alla trivellazione solo dopo aver determinato il piano di posa dell'intradosso dei traversi che serviranno a collegare il palo ed introdurrà l'armatura metallica nella misura e quantità prevista dagli esecutivi di progetto.

Nel caso di pali posti sui due lati della muratura, eseguirà il getto sino a raggiungere il piano di posa dei traversi. Per pali posti su un solo lato si dovrà pervenire sino all'intradosso delle mensole. Infine andranno aperti i varchi nella muratura, posizionate le cassature dei travi-cordolo longitudinali, predisposte le armature previste negli elaborati di progetto, eseguito il getto.

Pali ad elementi prefabbricati - Dovranno essere posti in opera dall'Appaltatore sotto la base della muratura di fondazione per mezzo di scavi a pozzo.

I pali saranno formati da elementi ad innesto, verranno infissi mediante la pressione statica esercitata da un martinetto idraulico messo a contrasto tra la base della fondazione e la sommità dell'elemento che si andrà ad infiggere.

Gli scavi a pozzo dovranno avere una profondità tale da consentire l'inserimento sotto la fondazione esistente del martinetto e del palo; il primo elemento sarà fornito di punta metallica e l'ultimo di un pulvino per aumentare la superficie di contatto con la base di fondazione.

Prima di eseguire qualsiasi opera di palificazione l'Appaltatore dovrà verificare la consistenza e la solidità delle murature e delle fondazioni esistenti. In caso contrario dovrà effettuare tutte quelle opere di consolidamento o preconsolidamento che si concorderanno con la D.L. in modo da assicurare buon contrasto, tra vecchie murature e palificazione.

Micropali - Sono pali di sezione ridotta con un diametro variabile da mm 100 a 300 che potranno essere infissi nel terreno sia in direzione verticale sia inclinata. Il loro utilizzo riduce al minimo il disturbo nei terreni attraversati, alterando altresì minimamente la compattezza delle murature attraversate.

Si eseguiranno dapprima le perforazioni con i sistemi e le attrezzature tra le più idonee, comunque di dimensioni contenute, rapportate al tipo di terreno (trivellazioni a rotazione o rotopercussione) con contemporaneo approfondimento del tubo forma, fino al raggiungimento della quota prevista dagli elaborati di progetto.

L'Appaltatore dovrà introdurre tubi di armatura in acciaio nervato con interesse medio di cm 50 dotati nella parte inferiore di valvole di non ritorno.

Provvederà, quindi, ad iniettare con aria compressa a bassa pressione un microconglomerato che andrà ad intasare lo spazio compreso tra le pareti del perforo e la superficie esterna del tubo facendo risalire i detriti della perforazione allo scopo di formare una guaina capace d'impedire il riflusso delle miscele.

In alcuni sistemi la formazione della guaina antiriflusso potrà avvenire iniettando la miscela attraverso le stesse sonde di perforazione.

A presa avvenuta, l'Appaltatore dovrà iniettare ad alta pressione le miscele cementizie ritenute più idonee dalla D.L. (in genere microconglomerato dosato a 500-600 kg/mc) utilizzando in progressione tutte le valvole a partire dalla più profonda. Su terreni incoerenti, a discrezione della D.L., l'Appaltatore dovrà ripetere le iniezioni fino al raggiungimento delle resistenze di progetto.

L'intero tubo di acciaio, infine, dovrà essere riempito con malta.

La miscela cementizia per le iniezioni dovrà essere quella prescritta dagli elaborati di progetto o stabilita dalla D.L.

Art. 4.5.4 - Fondazioni speciali

Diaframmi continui - Sono realizzati con pannelli di calcestruzzo semplice o armato gettati in opera, collegati ad incastro, per pareti di sostegno di scarpate o fondazioni di opere varie, per difese e traverse fluviali, o con funzione portante. Lo scavo sarà eseguito da appositi macchinari con le cautele per evitare lo smottamento dello scavo, come per esempio l'impiego di fanghi bentonitici o i cassoni metallici. Il getto sarà eseguito per singoli pannelli mediante attrezzature atte ad evitare la caduta libera del calcestruzzo. Eventuali manchevolezze che venissero a scoprirsi per l'apertura degli scavi dovranno essere eliminate a cura e spese dell'Appaltatore con i provvedimenti che riterrà opportuni la D.L.

Tiranti di ancoraggio - Sono costituiti da tiranti orizzontali o inclinati, che collegano strutture in calcestruzzo con il terreno resistente a monte, il cui scopo è assorbire le spinte del terreno incoerente interposto. Per i tiranti si impiegheranno acciaio in fili, trecce, trefoli ecc., inseriti in fori di diametro di mm 100-135, di lunghezza di circa m 25, eseguiti da sonde a rotazione, con eventuale rivestimento, e ancorati a speciali piastre di ripartizione sul calcestruzzo e ad un bulbo di m 618 di sviluppo e posti in tensione dopo maturazione di almeno 28 giorni del bulbo stesso. In caso di cedimento al momento della tesatura, l'Appaltatore dovrà ripetere l'esecuzione di un altro bulbo, secondo le indicazioni della D.L. Si applicheranno le norme del D.M. 27 luglio 1985 e del D.M. 11 marzo 1988.

Art. 4.6 - Malte e conglomerati

Art. 4.6.1 - Generalità

Le malte da utilizzarsi per le opere di conservazione dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti. Per questo motivo si dovrà effettuare una serie di analisi fisico-chimico, quantitative e qualitative sulle malte esistenti, in modo da calibrare in maniera ideale le composizioni dei nuovi agglomerati. Tali analisi saranno a carico dell'Appaltatore dietro espressa richiesta della D.L.

Ad ogni modo, la composizione delle malte, l'uso particolare di ognuna di esse nelle varie fasi del lavoro, l'eventuale integrazione con additivi, inerti, resine, polveri di marmo, coccio pesto, particolari prodotti di sintesi chimica, ecc., saranno indicati dalla D.L. dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela dell'edificio oggetto di intervento.

Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriate. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gassose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose. I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.

L'impasto delle malte dovrà effettuarsi manualmente o con appositi mezzi meccanici e dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati sia a peso sia a volume. La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione riesca semplice ed esatta.

Tutti gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e possibilmente in prossimità del lavoro. I residui di impasto non utilizzati immediatamente dovranno essere gettati a rifiuto, fatta eccezione per quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno essere riutilizzati.

Tutte le prescrizioni relative alle malte faranno riferimento alle indicazioni fornite nella parte seconda Art. 2.3 del presente Capitolato.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente (D.M. 9 gennaio 1987):

| Classe | Tipo | Composizione | | | | |
|--------|-------------|--------------|-------------|-----------------|--------|-----------|
| | | Cemento | Calce aerea | Calce idraulica | Sabbia | Pozzolana |
| M4 | Idraulica | - | - | 1 | 3 | - |
| M4 | Pozzolonica | - | 1 | - | - | 3 |
| M4 | Bastarda | 1 | - | 2 | 9 | - |
| M3 | Bastarda | 1 | - | 1 | 5 | - |
| M2 | Cementizia | 1 | - | 0,5 | 4 | - |
| M1 | Cementizia | 1 | - | - | 3 | - |

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante.

Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media e compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

12 N/mm² (120 Kg/cm²) per l'equivalenza alla malta M1

8 N/mm² (80 Kg/cm²) per l'equivalenza alla malta M2

5 N/mm² (50 Kg/cm²) per l'equivalenza alla malta M3

2,5 N/mm² (25 Kg/cm²) per l'equivalenza alla malta M4

Art. 4.6.2 - Malte e conglomerati

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla D.L. o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

a) Malta comune

| | | |
|-----------------------|----|-------------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,25 - 0,40 |
|-----------------------|----|-------------|

| | | |
|--------|----|-------------|
| Sabbia | mc | 0,85 - 1,00 |
|--------|----|-------------|

b) Malta comune per intonaco rustico (rinzafo)

| | | |
|-----------------------|----|-------------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,20 - 0,40 |
|-----------------------|----|-------------|

| | | |
|--------|----|-------------|
| Sabbia | mc | 0,90 - 1,00 |
|--------|----|-------------|

c) Malta comune per intonaco civile (stabilitura)

| | | |
|-----------------------|----|-------------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,35 - 0,45 |
|-----------------------|----|-------------|

| | | |
|-----------------|----|-------|
| Sabbia vagliata | mc | 0,800 |
|-----------------|----|-------|

d) Malta grassa di pozzolana

| | | |
|-----------------------|----|------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,22 |
|-----------------------|----|------|

| | | |
|------------------|----|------|
| Pozzolana grezza | mc | 1,10 |
|------------------|----|------|

e) Malta mezzana di pozzolana

| | | |
|-----------------------|----|------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,25 |
|-----------------------|----|------|

| | | |
|--------------------|----|------|
| Pozzolana vagliata | mc | 1,10 |
|--------------------|----|------|

f) Malta fina di pozzolana

| | | |
|-----------------------|----|------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,28 |
|-----------------------|----|------|

| | | |
|--------------------|----|------|
| Pozzolana vagliata | mc | 1,05 |
|--------------------|----|------|

g) Malta idraulica

| | | |
|-----------------|------|-----|
| Calce idraulica | q.li | (1) |
|-----------------|------|-----|

| | | |
|---------|----|------|
| Sabbia, | mc | 0,90 |
|---------|----|------|

h) Malta bastarda

| | | |
|--------------------------------------|----|------|
| Malta di cui alle lettere a), e), g) | mc | 1,00 |
|--------------------------------------|----|------|

| | | |
|---------------------------------------|------|------|
| Agglomerante cementizio a lenta presa | q.li | 1,50 |
|---------------------------------------|------|------|

i) Malta cementizia forte

| | | |
|---------------------------|------|-----|
| Cemento idraulico normale | q.li | (2) |
|---------------------------|------|-----|

| | | |
|--------|----|------|
| Sabbia | mc | 1,00 |
|--------|----|------|

l) Malta cementizia debole

| | | |
|--------------------------------------|------|-----|
| Agglomerato cementizio a lenta presa | q.li | (3) |
|--------------------------------------|------|-----|

| | | |
|--------|----|------|
| Sabbia | mc | 1,00 |
|--------|----|------|

m) Malta cementizia per intonaci

| | | |
|---------------------------------------|------|------|
| Agglomerante cementizio a lenta presa | q.li | 6,00 |
|---------------------------------------|------|------|

| | | |
|--------|----|------|
| Sabbia | mc | 1,00 |
|--------|----|------|

n) Malta fina per intonaci

Malta di cui alle lettere c), f), g) vagliata allo staccio fino

o) Malta per stucchi

| | | |
|-----------------------|----|------|
| Calce spenta in pasta | mc | 0,45 |
|-----------------------|----|------|

| | | |
|------------------|----|------|
| Polvere di marmo | mc | 0,90 |
|------------------|----|------|

p) Calcestruzzo idraulico di pozzolana

| | | |
|--------------|----|------|
| Calce comune | mc | 0,15 |
|--------------|----|------|

| | | |
|-----------|----|------|
| Pozzolana | mc | 0,40 |
|-----------|----|------|

| | | |
|--------------------|----|------|
| Pietrisco o ghiaia | mc | 0,80 |
|--------------------|----|------|

q) Calcestruzzo in malta idraulica

| | | |
|-----------------|------|-----|
| Calce idraulica | q.li | (4) |
|-----------------|------|-----|

| | | |
|--------|----|------|
| Sabbia | mc | 0,40 |
|--------|----|------|

| | | |
|--------------------|----|------|
| Pietrisco o ghiaia | mc | 0,80 |
|--------------------|----|------|

r) Conglomerato cementizio per muri, fondazioni, sottofondazioni, ecc.

| | | |
|---------|------|-----|
| Cemento | q.li | (5) |
|---------|------|-----|

| | | |
|--------|----|------|
| Sabbia | mc | 0,40 |
|--------|----|------|

| | | |
|--|------|------|
| Pietrisco o ghiaia | mc | 0,80 |
| s) Conglomerato cementizio per strutture sottili | | |
| Cemento | q.li | (6) |
| Sabbia | mc | 0,40 |
| Pietrisco o ghiaia | mc | 0,80 |

(1) Da 3 a 5, secondo l'impiego che si dovrà fare della malta.

(2) Da 3 a 6, secondo l'impiego.

(3) Da 2,5 a 4, secondo l'impiego che dovrà farsi della malta, intendendo per malta cementizia magra quella dosata a 2,5 q.li di cemento e per malta cementizia normale quella dosata a q.li 4 di cemento.

(4) Da 1,5 a 3 secondo l'impiego che dovrà farsi del calcestruzzo.

(5) Da 1,5 a 2,5 secondo l'impiego.

(6) Da 3 a 3,5.

Quando la D.L. ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste. I materiali, le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla D.L., che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente su tutti i piazzali ove verrà effettuata la manipolazione. La calce spenta in pasta non dovrà essere misurata in fette, come viene estratta con badile dal calcinaio, bensì dopo essere stata rimescolata e ricondotta ad una pasta omogenea consistente e ben unita.

L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, sopra aree convenientemente pavimentate, oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.

I materiali componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente, rimescolando continuamente.

Nella composizione di calcestruzzi con malte di calce comune o idraulica, si formerà prima l'impasto della malta con le proporzioni prescritte, impiegando la minore quantità di acqua possibile, poi si distribuirà la malta sulla ghiaia o pietrisco e si mescolerà il tutto fino a che ogni elemento sia per risultare uniformemente distribuito nella massa ed avviluppato di malta per tutta la superficie.

Per i conglomerati cementizi semplici od armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni contenute nel R.D. 16 novembre 1939, n. 2729, nonché nel D.M. 27 luglio 1985 punto 2.1 e allegati 1 e 2. Gli impasti sia di malta sia di conglomerato dovranno essere preparati soltanto nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro. I residui d'impasto che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune, che potranno essere utilizzati però nella sola stessa giornata del loro confezionamento.

Art. 4.6.3 - Malte additive

Per tali s'intendono quelle malte alle quali vengono aggiunti, in piccole quantità, degli agenti chimici che hanno la proprietà di migliorarne le caratteristiche meccaniche e la lavorabilità e di ridurre l'acqua di impasto. L'impiego degli additivi negli impasti dovrà sempre essere autorizzato dalla D.L., in conseguenza delle effettive necessità, relativamente alle esigenze della messa in opera, o della stagionatura, o della durabilità. Dovranno essere conformi alle norme UNI 7101-72 e successive e saranno dei seguenti tipi: aeranti, ritardanti, acceleranti, fluidificanti-aeranti, fluidificanti-ritardanti, fluidificanti-acceleranti, antigelo, superfluidificanti. Per speciali esigenze di impermeabilità del calcestruzzo, o per la messa in opera in ambienti particolarmente aggressivi, potrà essere ordinato dalla D.L. l'impiego di additivi reoplastici.

Acceleranti - Possono distinguersi in acceleranti di presa e in acceleranti di indurimento. Gli acceleranti di presa sono di norma soluzioni di soda e di potassa. Gli acceleranti di indurimento contengono quasi tutti dei cloruri, in particolare cloruro di calcio. Per gli additivi a base di cloruro, per il calcestruzzo non armato i cloruri non devono superare il 4-5% del peso del cemento adoperato; per il calcestruzzo armato tale percentuale non deve superare l'1%; per il calcestruzzo fatto con cemento alluminoso non si ammette aggiunta di cloruro.

Ritardanti - Anch'essi distinti in ritardanti di presa e ritardanti di indurimento. Sono di norma: gesso, gluconato di calcio, polimetafosfati di sodio, borace.

Fluidificanti - Migliorano la lavorabilità della malta e del calcestruzzo. Tensioattivi in grado di abbassare le forze di attrazione tra le particelle della miscela, diminuendone l'attrito nella fase di miscelazione. Gli additivi fluidificanti sono a base di resina di legno o di ligninsolfonati di calcio, sottoprodotti della cellulosa. Oltre a migliorare la lavorabilità sono in grado di aumentare la resistenza meccanica.

Sono quasi tutti in commercio allo stato di soluzione; debbono essere aggiunti alla miscela legante-inerti-acqua nelle dosi indicate dalle ditte produttrici: in generale del 2,3%±0 rispetto alla quantità di cemento.

Plastificanti - Sostanze solide allo stato di polvere sottile, di pari finezza a quella del cemento. Tra i piastificanti si hanno: l'acetato di polivinile, la farina fossile, la bentonite. Sono in grado di migliorare la viscosità e

l'omogeneizzazione delle malte e dei calcestruzzi, aumentando la coesione tra i vari componenti. In generale i calcestruzzi confezionati con additivi plastificanti richiedono, per avere una lavorabilità simile a quelli che non li contengono, un più alto rapporto A/C in modo da favorire una diminuzione delle resistenze. Per eliminare o ridurre tale inconveniente gli additivi in commercio sono formulati con quantità opportunamente congegnate, di agenti fluidificanti, aeranti e acceleranti.

Aeranti - In grado di aumentare la resistenza dei calcestruzzi alle alternanze di gelo e disgelo ed all'attacco chimico di agenti esterni. Sono soluzioni alcaline di sostanze tensioattive (aggiunte secondo precise quantità da 40 a 60 ml per 100 kg di cemento) in grado di influire positivamente anche sulla lavorabilità. Le occlusioni d'aria non dovranno mai superare il 4-6% del volume del cls per mantenere le resistenze meccaniche entro valori accettabili.

Agenti antiritiro e riduttori d'acqua - Sono malte capaci di ridurre il quantitativo d'acqua normalmente occorrente per la creazione di un impasto facilmente lavorabile la cui minore disidratazione ed il conseguente ritiro permettono di evitare screpolature, lievi fessurazioni superficiali che spesso favoriscono l'assorbimento degli agenti atmosferici ed inquinanti.

I riduttori d'acqua che generalmente sono lattici in dispersione acquosa composti da finissime particelle di copolimeri di stirolo-butadiene, risultano altamente stabili agli alcali e vengono modificati mediante l'azione di specifiche sostanze stabilizzatrici (sostanze tensionattive e regolatori di presa). Il tipo e la quantità dei riduttori saranno stabiliti dalla D.L.

La quantità di additivo da aggiungere agli impasti sarà calcolata considerando:

- il quantitativo d'acqua contenuto nel lattice stesso;
- l'umidità degli inerti (è buona norma, infatti, separare gli inerti in base alla granulometria e lavarli per eliminare sali o altre sostanze inquinanti);
- la percentuale di corpo solido (polimetro).

La quantità ottimale che varierà in relazione al particolare tipo di applicazione potrà oscillare, in genere, da lt 6 a 12 di lattice per ogni sacco da kg 50 di cemento.

Per il confezionamento di miscele cemento/lattice o cemento/inerti/lattice si dovrà eseguire un lavoro d'impasto opportunamente prolungato facendo ricorso, preferibilmente, a mezzi meccanici come betoniere e mescolatori elicoidali per trapano.

Per la preparazione delle malie sarà necessario miscelare un quantitativo di cemento/sabbia opportunamente calcolato e, successivamente, aggiungere ad esso il lattice miscelato con la prestabilita quantità d'acqua.

In base al tipo di malta da preparare la miscela lattice/acqua avrà una proporzione variabile da 1:1 a 1:4. Una volta pronta, la malta verrà immediatamente utilizzata e sarà vietato rinvenirla con acqua o con miscele di acqua/lattice al fine di riutilizzarla.

L'Appaltatore sarà obbligato a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo in un recipiente che sarà tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature di prodotto.

La superficie su cui la malta sarà applicata dovrà presentarsi solida, priva di polveri e residui grassi.

Se richiesto dalla D.L. l'Appaltatore dovrà utilizzare come imprimitore un'identica miscela di acqua, lattice e cemento molto più fluida.

Le malte modificate con lattici riduttori di acqua, poiché induriscono lentamente, dovranno essere protette da una rapida disidratazione (stagionatura umida).

Malte espansive - Malte additate con prodotti in grado di provocare aumento di volume all'impasto onde evitare fenomeni di disgregazione. L'utilizzo di questi prodotti avverrà sempre dietro indicazione della D.L. ed eventualmente sarà autorizzato dagli organi competenti per la tutela del manufatto oggetto di intervento.

L'espansione dovrà essere molto moderata e dovrà essere sempre possibile arrestarla in maniera calibrata tramite un accurato dosaggio degli ingredienti. L'espansione dovrà essere calcolata tenendo conto del ritiro al quale l'impasto indurito rimane soggetto.

Si potrà ricorrere ad agenti espansivi preconfezionati, utilizzando materiali e prodotti di qualità con caratteristiche dichiarate, accompagnati da schede tecniche contenenti specifiche del prodotto, rapporti di miscelazione, modalità di confezionamento ed applicazione, modalità di conservazione. Potranno sempre effettuarsi test preventivi e campionature di controllo.

Sebbene gli agenti espansivi siano compatibili con un gran numero di additivi, tuttavia sarà sempre opportuno mescolare gli additivi di una sola ditta produttrice, eventualmente ricorrendo alla consulenza tecnica del produttore.

Malte confezionate con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche - Si potranno utilizzare solo dietro specifica prescrizione progettuale o richiesta della D.L. e comunque dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento. Si potrà richiedere l'utilizzo di riempitivi che hanno la funzione di modificare e plasmare le caratteristiche degli impasti mediante la tessitura all'interno delle malte indurite di una maglia tridimensionale.

Si potranno utilizzare fibre in metallo, poliacrilonitrile, nylon o polipropilene singolarizzato e fibrillato che durante la miscelazione degli impasti, si aprono distribuendosi uniformemente. Le fibre di metallo saranno comunque più idonee a svolgere compiti di carattere meccanico che di contrasto al ritiro plastico.

Le fibre dovranno essere costituite da materiali particolarmente resistenti con diametri da 15 a 20 micron, una resistenza a trazione di 400-600 MPa, un allungamento a rottura dal 10 al 15% e da un modulo di elasticità da 10.000 a 15.000 MPa.

Le fibre formeranno all'interno delle malte uno scheletro a distribuzione omogenea in grado di ripartire e ridurre le tensioni dovute al ritiro; tali malte, in linea di massima, saranno confezionate con cemento pozzolanico 325, con dosaggio di 500 kg/m³, inerti monogranulari (diam. max mm 20), additivi superfluidificanti. Le fibre potranno essere utilizzate con differenti dosaggi che potranno essere calibrati tramite provini (da 0,5 a 2 kg/m³).

Le fibre impiegate dovranno in ogni caso garantire un'ottima inerzia chimica, in modo da poter essere utilizzate sia in ambienti acidi sia alcalini, facilità di utilizzo, atossicità.

Art. 4.6.4 - Malte preconfezionate

Malte in grado di garantire maggiori garanzie rispetto a quelle dosate manualmente sovente senza le attrezzature idonee. Risulta infatti spesso difficoltoso riuscire a dosare in maniera corretta le ricette cemento/additivi, inerti/cementi, a stabilire le proporzioni di particolari inerti, rinforzanti, additivi.

Si potrà quindi ricorrere a malte con dosaggio controllato, ovvero confezionate con controllo automatico ed elettronico in modo che nella miscelazione le sabbie vengano selezionate in relazione ad una curva granulometrica ottimale e i cementi ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati.

Tali malte sono in grado di garantire un'espansione controllata. Espansioni eccessive a causa di errori di miscelazione e formatura delle malte potrebbero causare seri problemi a murature o strutture degradate.

Anche utilizzando tali tipi di malte l'Appaltatore sarà sempre tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle stesse, su richiesta della D.L., a prelevare campioni rappresentativi per effettuare le prescritte prove ed analisi, che potranno essere ripetute durante il corso dei lavori o in sede di collaudo.

Le malte preconfezionate potranno essere usate per stuccature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezzi, impermeabilizzazioni, getti in fondazione ed, in genere, per tutti quei lavori previsti dal progetto, prescritti dal contratto o richiesti dalla D.L.

In ogni fase l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso prescritte dalle ditte produttrici che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea dell'esiguo quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto.

Dovrà altresì utilizzare tutte le apparecchiature più idonee per garantire ottima omogeneità all'impasto (miscelatori elicoidali, impastatrici, betoniere, ecc.) oltre a contenitori specifici di adatte dimensioni.

Dovrà inoltre attenersi a tutte le specifiche di applicazione e di utilizzo fornite dalle ditte produttrici nel caso dovesse operare in ambienti o con temperature e climi particolari.

Sarà in ogni modo consentito l'uso di malte premiscelate pronte per l'uso purché ogni fornitura sia accompagnata da specifiche schede tecniche relative al tipo di prodotto, ai metodi di preparazione e applicazione, oltre che da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Nel caso in cui il tipo di malta non rientri tra quelli prima indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Art. 4.6.5 - Conglomerati di resina sintetica

Saranno da utilizzarsi secondo le modalità di progetto, dietro specifiche indicazioni della D.L. e sotto il controllo degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Trattandosi di materiali particolari, commercializzati da varie ditte produttrici dovranno presentare alcune caratteristiche di base garantendo elevate resistenze meccaniche e chimiche, ottime proprietà di adesione, veloce sviluppo delle proprietà meccaniche, buona lavorabilità a basse ed elevate temperature, sufficiente tempo di presa.

Si dovranno confezionare miscelando adatti inerti, con le resine sintetiche ed i relativi indurenti.

Si potrà in fase di intervento variarne la fluidità regolandola in funzione del tipo di operazione da effettuarsi relativamente al tipo di materiale.

Per la preparazione e l'applicazione dei conglomerati ci si dovrà strettamente attenere alle schede tecniche dei produttori, che dovranno altresì fornire tutte le specifiche relative allo stoccaggio, al tipo di materiale, ai mezzi da utilizzarsi per l'impasto e la miscelazione, alle temperature ottimali di impiego e di applicazione. Sarà sempre opportuno dotarsi di idonei macchinari esclusivamente dedicati a tali tipi di prodotti (betoniere, mescolatrici, attrezzi in genere). Per i formulati a due componenti sarà necessario calcolare con precisione il quantitativo di resine e d'indurente attenendosi, con la massima cura ed attenzione alle specifiche del produttore resta in ogni caso assolutamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità di indurente.

Si dovrà comunque operare possibilmente con le migliori condizioni atmosferiche, applicando il conglomerato preferibilmente con temperature dai 12 ai 20 °C, umidità relativa del 40-60%, evitando l'esposizione al sole. Materiali e superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere asciutti ed opportunamente preparati tramite accurata pulitura.

L'applicazione delle miscele dovrà sempre essere effettuata nel pieno rispetto delle norme sulla salute e salvaguardia degli operatori.

Art. 4.7 - Murature e strutture verticali - Lavori di costruzione

Art. 4.7.1 - Murature in genere

La costruzione di murature, siano esse formate da elementi resistenti naturali o artificiali, dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni di cui alla L. 2 febbraio 1974, n. 64, al D.M. 24 gennaio 1986 e alla relativa Circ. M.LL.PP. 19 luglio 1986, n. 27690 per quanto riguarda le costruzioni sismiche, e al D.M. 20 novembre 1987 per gli edifici in muratura e il loro consolidamento nonché alle prescrizioni di cui al Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996 concernente 'Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche' e della Circ. 10 aprile 1997, n. 65/AA. GG. dal titolo 'Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996'.

Si dovrà inoltre fare riferimento alle "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura" contenute nel D.M. 20 novembre 1997, n. 103 e relativa circolare di istruzione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore del LL.PP. 4 gennaio 1989, n. 30787.

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle voltine, sordine, piattabande, archi e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi canne e fori:

- per ricevere le chiavi e i capichiavi delle volte, gli ancoraggi delle catene e travi a doppio T, le testate delle travi in legno ed in ferro, le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- per il passaggio dei tubi pluviali, dell'acqua potabile canne di stufa e camini, vasi, orinatoi, lavandini, immondizie, ecc.;
- per condutture elettriche di campanelli, di telefoni e di illuminazione;
- per le imposte delle volte e degli archi;
- per gli zoccoli, arpioni di porte e finestre, zanche soglie, inferriate, ringhiere, davanzali, ecc.

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti sia fra le varie parti di esse, evitando, nel corso dei lavori, la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione.

La muratura procederà a filari rettilinei, con i piani di posa normali alle superfici viste o come altrimenti venisse prescritto.

All'innesto con i muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori in muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, devono essere sospesi nel periodo di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga per molte ore, al di sotto di zero gradi centigradi.

Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le facce delle murature in malta dovranno essere mantenute bagnate almeno per 15 giorni dalla loro ultimazione o anche più se sarà richiesto dalla Direzione Lavori.

Le canne, le gole da camino e simili saranno intonacate a grana fine; quelle di discesa delle immondezze saranno intonacate a cemento liscio. Si potrà ordinare che tutte le canne, le gole, ecc. nello spessore dei muri siano lasciate temporaneamente aperte sopra una faccia, anche per tutta la loro altezza; in questi casi, il tramezzo di chiusura si eseguirà posteriormente.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con addentellati d'uso sia col costruire l'origine degli archi e delle volte a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La Direzione stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani, di porte e finestre siano collocati degli architravi in cemento armato delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro ed al sopracarico.

Quando venga ordinato, sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio fra le fondazioni entroterra e la parte fuori terra, sarà disteso uno strato di asfalto formato come quello dei pavimenti, esclusa la ghiaietta, dell'altezza in ogni punto di almeno cm 2. La muratura su di esso non potrà essere ripresa che dopo il suo consolidamento.

In tutti i fabbricati a più piani dovranno eseguirsi ad ogni piano e su tutti i muri portanti cordoli di conglomerato cementizio per assicurare un perfetto collegamento e l'uniforme distribuzione dei carichi. Tale cordolo in corrispondenza delle aperture sarà opportunamente rinforzato con armature di ferro supplementari in modo da formare architravi portanti, ed in corrispondenza delle canne, fori ecc. sarà pure opportunamente rinforzato perché presenti la stessa resistenza che nelle altre parti.

In corrispondenza dei solai con putrelle, queste, con opportuni accorgimenti, saranno collegate al cordolo.

Art. 4.7.2 - Murature e riempimenti in pietrame a secco

Dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera a mano su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure, negli strati inferiori, il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

Art. 4.7.3 - Murature di pietrame con malta

La muratura a getto (a sacco) per fondazioni risulterà composta di scheggioni di pietra e malta grossa, questa ultima in proporzione non minore di mc 0,45 per metro cubo di muratura.

La muratura sarà eseguita facendo gettate alternative entro i cavi di fondazione di malta fluida e scheggioni di pietra, preventivamente puliti e bagnati, assestando e spianando regolarmente gli strati ogni cm 40 di altezza, riempiendo accuratamente i vuoti con materiale minuto e distribuendo la malta in modo da ottenere strati regolari di muratura in cui le pietre dovranno risultare completamente rivestite di malta.

La gettata dovrà essere abbondantemente rifornita d'acqua in modo che la malta penetri in tutti gli interstizi; tale operazione sarà aiutata con beveroni di malta molto grassa. La muratura dovrà risultare ben costipata ed aderente alle pareti dei cavi, qualunque sia la forma degli stessi.

Qualora in corrispondenza delle pareti degli scavi di fondazione s'incontrassero vani di gallerie o cunicoli, l'Appaltatore dovrà provvedere alla perfetta chiusura di detti vani con murature o chiusure in legname o in ghisa tali da evitare il disperdimento della malta attraverso tali vie, ed in ogni caso sarà sua cura di adottare tutti i mezzi necessari perché le murature di fondazione riescano perfettamente compatte e riempite di malta.

La muratura in pietrame cosiddetta lavorata a mano sarà eseguita con scampoli di pietrame, delle maggiori dimensioni consentite dalla grossezza della massa muraria, spianati grossolanamente nei piani di posa e allettati di malta.

Le pietre, prima di essere collocate in opera, saranno diligentemente ripulite dalle sostanze terrose ed ove occorra, a giudizio della Direzione Lavori, accuratamente lavate. Saranno poi bagnate, essendo proibita la bagnatura dopo di averle disposte sul letto di malta.

Tanto le pietre quanto la malta saranno disposte a mano, seguendo le migliori regole d'arte, in modo da costituire una massa perfettamente compatta nel cui interno le pietre stesse, ben battute col martello, risultino concatenate fra loro e rivestite da ogni parte di malta, senza alcun interstizio. La costruzione della muratura dovrà progredire a strati orizzontali di conveniente altezza, concatenati nel senso della grossezza del muro, disponendo successivamente ed alternativamente una pietra trasversale (di punta) dopo ogni due pietre in senso longitudinale, allo scopo di ben legare la muratura anche nel senso della grossezza.

Dovrà sempre evitarsi la corrispondenza nelle connessioni fra due corsi consecutivi.

Gli spazi vuoti che verranno a formarsi per la irregolarità delle pietre saranno riempiti con piccole pietre che non si tocchino mai a secco e non lascino mai spazi vuoti, colmando con malta tutti gli interstizi.

Nelle murature senza speciale paramento si impiegheranno per le facce viste le pietre di maggiori dimensioni, con le facce esterne rese piane e regolari in modo da costruire un paramento rustico a faccia a vista e si disporranno negli angoli le pietre più grosse e più regolari. Detto paramento rustico dovrà essere più accurato e maggiormente regolare nelle murature di elevazione di tutti i muri dei fabbricati.

Qualora la muratura avesse un rivestimento esterno, il nucleo della muratura dovrà risultare, con opportuni accorgimenti, perfettamente concatenato col detto rivestimento nonostante la diversità del materiale, di struttura e di forma dell'uno e dell'altro.

Le facce viste delle murature in pietrame, che non debbono essere intonacate o comunque rivestite, saranno sempre rabboccate diligentemente con malta idraulica mezzana.

Art. 4.7.4 - Paramenti per le murature di pietrame

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della D.L., potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- a) con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta);
- b) a mosaico greggio;
- c) con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- d) con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra le migliori e la sua faccia vista dovrà essere ridotta con il martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare alla prova del regolo rientranze o sporgenze maggiori di mm 25. Le facce di posa e di combaciamento delle pietre dovranno essere spianate ed adattate col martello in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di cm 8.

La rientranza totale delle pietre di paramento non dovrà essere mai minore di mm 0,25 e nelle connessioni esterne dovrà essere ridotto al minimo possibile l'uso delle scaglie.

Nel paramento a mosaico greggio la faccia vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a percorsi pressoché regolari il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadriati, sia con il martello sia con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro, sia quelle di combaciamento normali sia quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di mm 15.

Nel paramento a corsi regolari i conci dovranno essere perfettamente piani e squadriati; con la faccia vista rettangolare, lavorati a grana ordinaria, essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero uguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori a quelli superiori, con differenza, però, fra i due corsi successivi non maggiore di cm 5. La Direzione Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati i conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari di paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza di quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari quanto in quello a corsi regolari non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno un terzo della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà mai essere minore di cm 10 e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per tutti i tipi di paramento le pietre dovranno mettersi in opera alternativamente di punta in modo da assicurare il collegamento col nucleo interno della muratura.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da qualunque altra materia estranea, lavandole con acqua abbondante e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Art. 4.7.5 - Murature di mattoni

I mattoni prima del loro impiego dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione.

Essi dovranno mettersi in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempi tutte le connessure.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di mm 8 nè minore di mm 5 (tali spessori potranno variare in relazione alla natura delle malte impiegate).

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco o alla stuccatura con il ferro.

Le malte da impiegarsi per l'esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di mm 5 e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e di cemento, diligentemente compresse e lisce con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte, dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessure dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di mm 5 all'intradosso e mm 10 all'estradosso.

Art. 4.7.6 - Pareti di una testa ed in foglio con mattoni pieni e forati

Le pareti di una testa ed in foglio verranno eseguite con mattoni scelti, esclusi i rottami, i laterizi incompleti e quelli mancanti di qualche spigolo.

Tutte le dette pareti saranno eseguite con le migliori regole dell'arte, a corsi orizzontali ed a perfetto filo, per evitare la necessità di forte impiego di malta per l'intonaco.

Nelle pareti in foglio, quando la Direzione Lavori lo ordinasse, saranno introdotte nella costruzione intelaiature in legno attorno ai vani delle porte, allo scopo di poter fissare i serramenti del telaio, anziché alla parete, oppure ai lati o alla sommità delle pareti stesse, per il loro consolidamento, quando esse non arrivano fino ad un'altra parete o al soffitto.

Quando una parete deve eseguirsi fin sotto al soffitto, la chiusura dell'ultimo corso sarà ben serrata, se occorre, dopo congruo tempo, con scaglie e cemento.

Art. 4.7.7 - Murature miste

La muratura mista di pietrame e mattoni dovrà progredire a strati orizzontali intercalando n.... di filari di mattoni ogni m... di altezza di muratura di pietrame.

I filari dovranno essere estesi a tutta la grossezza del muro e disposti secondo piani orizzontali.

Nelle murature miste per i fabbricati, oltre ai filari suddetti, si debbono costruire in mattoni tutti gli angoli dei muri, i pilastri, i risalti e le incassature qualsiasi, le spallette e squarci delle aperture di porte e finestre, i parapetti delle finestre, gli archi di scarico, le volte, i voltini e le piattabande, l'ossatura delle cornici, le canne da fumo, le latrine, i condotti in genere, e qualunque altra parte di muro alla esecuzione della quale non si prestasse il pietrame, in conformità alle prescrizioni che potrà dare la D.L. all'atto esecutivo. Il collegamento delle due differenti strutture deve essere fatto nel miglior modo possibile ed in senso tanto orizzontale che verticale.

Art. 4.7.8 - Murature di getto o calcestruzzo

Il calcestruzzo da impiegarsi per qualsiasi lavoro sarà messo in opera appena confezionato e disposto a strati orizzontali di altezza da cm 0 a 30 su tutta l'estensione della parte di opera che si esegue ad un tempo, ben battuto e costipato, per modo che non resti alcun vano nello spazio che deve contenerlo e nella sua massa.

Quando il calcestruzzo sia da collocare in opera entro cavi molto stretti o a pozzo esso dovrà essere calato nello scavo mediante secchi a ribaltamento.

Solo per scavi molto larghi, la D.L. potrà consentire che il calcestruzzo venga gettato liberamente, nel qual caso prima del conguagliamento e la battitura deve, per ogni strato di cm 30 di altezza, essere ripreso dal fondo del cavo e rimpastato per rendere uniforme la miscela dei componenti.

Quando il calcestruzzo sia da calare sott'acqua, si dovranno impiegare tramogge, casse apribili e quegli altri mezzi d'immersione che la D.L. prescriverà, ed usare la diligenza necessaria ad impedire che, nel passare attraverso l'acqua, il calcestruzzo si dilavi con pregiudizio della sua consistenza.

Finito che sia il getto, e spianata con ogni diligenza la superficie superiore, il calcestruzzo dovrà essere lasciato assodare per tutto il tempo che la D.L. stimerà necessario.

Art. 4.7.9 - Opere in cemento armato normale e precompresso

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato o precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le norme contenute nella L. 5 novembre 1971, n. 1086 ed alle norme tecniche vigenti in esso previste all'Art. 21 emanate con D.M. 27 luglio 1985 e relativa Circ. M.LL.PP. 31 ottobre 1988, n. 27996.

Per le opere in zona sismica l'Appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni di cui alla L. 2 febbraio 1974, n. 64 ed alle norme tecniche vigenti in esso previste all'Art. 3 emanate con D.M. 24 gennaio 1986 e relativa Circ. M.LL.PP., 19 luglio 1986, n. 27690 nonché alle prescrizioni di cui al Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996 concernente "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" e della Circ. 10 aprile 1997, n. 65/AA. GG. dal titolo "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996".

Tutti i lavori in cemento armato facenti parte dell'opera appaltata saranno eseguiti in base ai calcoli di stabilità, accompagnati da disegni esecutivi e da una relazione che dovranno essere redatti e firmati da un ingegnere o architetto specialista, e che l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori (oltre che al progettista ed all'ente appaltante) entro il termine che gli verrà prescritto, attenendosi ai disegni ed agli schemi facenti parte del progetto ed allegati al contratto o alle norme che gli verranno impartite, a sua richiesta, all'atto della consegna dei lavori.

L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori dei progetti delle varie strutture in cemento armato non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità a lui derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto, restando contrattualmente stabilito che, malgrado i controlli di ogni genere eseguiti dalla D.L. nell'esclusivo interesse dell'Amministrazione, l'Appaltatore stesso rimane unico e completo responsabile delle opere, sia per quanto riguarda la loro progettazione e calcolo, sia per la qualità dei materiali e la loro esecuzione; di conseguenza egli dovrà rispondere degli inconvenienti che avessero a verificarsi, di qualunque natura, importanza e conseguenza essi potessero risultare.

Avvenuto il disarmo, la superficie delle opere sarà regolarizzata con malta cementizia del tipo di cui all'Art. 4.6 e precedente. L'applicazione si effettuerà previa pulitura e lavatura delle superfici delle gettate e la malta dovrà essere ben conguagliata con cazzuola e frattazzo, con aggiunta di opportuno spolvero di cemento.

Qualora la resistenza caratteristica dei provini assoggettati a prove nei laboratori fosse inferiore al valore di progetto, il D.L. potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata e procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo carente, sulla base della resistenza ridotta, oppure ad una verifica della resistenza con prove complementari, o con prelievo di provini per carotaggio direttamente dalle strutture, oppure con altri strumenti e metodi di gradimento alla D.L. Tali controlli formeranno oggetto di apposita relazione nella quale sia dimostrato che, ferme restando le ipotesi di vincolo e di carico delle strutture, la resistenza caratteristica è ancora compatibile con le sollecitazioni di progetto, secondo le destinazioni d'uso dell'opera ed in conformità delle leggi in vigore.

Se tale relazione sarà approvata dalla D.L. il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica risultante.

Qualora tale resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni di progetto, l'Appaltatore sarà tenuto, a sua cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che la D.L. riterrà di approvare formalmente.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Appaltatore se il valore della resistenza caratteristica del calcestruzzo risulterà maggiore di quanto previsto.

Oltre ai controlli relativi alla resistenza caratteristica di cui sopra, il D.L. potrà, a suo insindacabile giudizio, e a complete spese dell'Appaltatore, disporre tutte le prove che riterrà necessarie, e in particolare le seguenti:

- a) prova del cono di cui all'App. E della UNI 6394-79;
- b) prova del dosaggio di cemento di cui alla UNI 6393-72 e alla UNI 6394-69;
- c) prova del contenuto d'aria di cui alla UNI 6395-72;
- d) prova del contenuto d'acqua;
- e) prova di omogeneità in caso di trasporto con autobetoniera;
- f) prova di resistenza a compressione su campioni cilindrici prelevati con carotaggio da strutture già stagionate;
- g) prova di resistenza a compressione con sclerometro.

Art. 4.7.10 - Strutture in acciaio

Le strutture in acciaio dovranno rispondere alle norme del D.M. 27 luglio 1985.

L'Appaltatore è tenuto a presentare, a sua cura e spese e con la firma del progettista e propria, prima della fornitura dei materiali e in tempo utile per l'esame e l'approvazione del Direttore Lavori: il progetto esecutivo e la relazione tecnica completa dei calcoli di stabilità, con le verifiche anche per la fase di trasporto e messa in opera; il progetto esecutivo delle opere di fondazione e degli apparecchi di appoggio della struttura; il progetto delle saldature, per il quale è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura (I.I.S.), oppure del Registro Italiano Navale (R.I.N.A.), con la redazione di apposita relazione da allegare al progetto.

Elementi strutturali in acciaio - L'Appaltatore dovrà comunicare per iscritto al D.L., prima dell'approvvigionamento, la provenienza dei materiali, in modo tale da consentire i controlli, anche nell'officina di lavorazione, secondo quanto prescritto dal D.M. 27 luglio 1985, dalle norme UNI e da altre norme eventualmente interessanti i materiali di progetto.

Il D.L. si riserva il diritto di far eseguire un premontaggio in officina per quelle strutture o parti di esse che riterrà opportuno, procedendo all'accettazione provvisoria dei materiali entro 10 giorni dalla comunicazione dell'Appaltatore di ultimazione dei vari elementi.

Prima del collaudo finale l'Appaltatore dovrà presentare una relazione dell'I.I.S. (o del R.I.N.A.) che accerti i controlli effettuati in corso d'opera sulle saldature e le relative modalità e strumentazioni.

Durante le varie fasi, dal carico, al trasporto, scarico deposito, sollevamento, e montaggio, si dovrà avere la massima cura, affinché non vengano superati i valori di sollecitazione, sia generali sia locali, indotti dalle varie operazioni rispetto a quelli verificati nel progetto per ciascuna singola fase, ad evitare deformazioni che possano complicare le operazioni finali di messa in opera. Particolari cautele saranno attuate ad evitare effetti deformativi dovuti al contatto delle funi e apparecchi di sollevamento. Le controfrecce da applicare alle strutture a travata andranno eseguite secondo le tolleranze di progetto.

I fori che risultino disassati andranno alesati, e qualora il diametro del foro risulti superiore anche alla tolleranza di cui al D.M. 27 luglio 1985, si avrà cura di impiegare un bullone di diametro superiore. Nei collegamenti in cui l'attrito contribuisce alla resistenza di calcolo dell'elemento strutturale si prescrive la sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. Nelle unioni bullonate l'Appaltatore effettuerà un controllo di serraggio sul 10% del numero dei bulloni alla presenza del D.L.

Verniciature - Tutte le strutture in acciaio andranno protette contro la corrosione mediante un ciclo di verniciatura, previa spazzolatura meccanica o sabbiatura di tutte le superfici, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate. Un ciclo di verniciatura sarà costituito da un minimo di tre strati di prodotti vernicianti mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica e filmazione fisica.

Apparecchi d'appoggio - Il progetto degli apparecchi di appoggio dovrà rispondere alle Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni C.N.R. - UNI 10018-72, e dovrà contenere: il calcolo delle escursioni e delle rotazioni, indicando un congruo franco di sicurezza, ed esponendo separatamente il contributo dovuto ai carichi permanenti e accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosi e al ritiro del calcestruzzo; la verifica statica dei singoli elementi e l'indicazione dei materiali, con riferimento alle norme UNI, nonché le reazioni di vincolo che l'apparecchio dovrà sopportare.

Tutti i materiali da impiegare dovranno essere accettati, prima delle lavorazioni, dal D.L., il quale potrà svolgere controlli anche in officina. Prima della posa in opera l'Appaltatore dovrà tracciare gli assi di riferimento e la livellazione dei piani di appoggio, rettificando le differenze con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Art. 4.8 - Murature e strutture verticali - Lavori di conservazione

Art. 4.8.1 - Generalità

Nei lavori di conservazione delle murature sarà buona norma privilegiare l'uso di tecniche edilizie e materiali che si riallaccino alla tradizione costruttiva riscontrabile nel manufatto in corso di recupero. Il ricorso a materiali compatibili con gli originali, infatti, consente una più sicura integrazione dei nuovi elementi con il manufatto oggetto di intervento evitando di creare una discontinuità nelle resistenze fisiche, chimiche e meccaniche.

Sarà quindi sempre indispensabile acquisire buona conoscenza sul manufatto in modo da poter identificare, tramite analisi ai vari livelli, le sue caratteristiche chimico-fisiche, la sua storia, la tecnica esecutiva utilizzata per la sua formatura e messa in opera. La finalità esecutiva di intervento sarà quella della conservazione integrale del manufatto evitando integrazioni, sostituzioni, rifacimenti, ricostruzioni in stile. Si dovrà cercare quindi di non intervenire in maniera traumatica, e generalizzata, garantendo vita al manufatto sempre con operazioni minimali, puntuali e finalizzate.

Bisognerà evitare, soprattutto in presenza di decorazioni parietali, interventi traumatici e lesivi dell'originaria continuità strutturale, cromatica e materica. Integrazioni e sostituzioni saranno ammesse solo ed esclusivamente quali mezzi indispensabili per garantire la conservazione del manufatto (cedimenti strutturali, polverizzazioni, marcescenze, ecc.) sempre e comunque dietro precisa indicazione della D.L. e previa autorizzazione degli organi competenti preposti alla tutela del bene in oggetto.

Nei casi in cui si debba ricorrere a tali operazioni sarà sempre d'obbligo utilizzare tecniche e materiali compatibili con l'esistente, ma perfettamente riconoscibili quali espressioni degli attuali tempi applicativi.

Art. 4.8.2 - Interventi su edifici a carattere monumentale

Con il D.M. 16 gennaio si è reso obbligatorio effettuare interventi di miglioramento nel caso in cui si eseguano lavorazioni volte a rinnovare o a sostituire gli elementi strutturali di un edificio a carattere monumentale, secondo i dettami dell'art. 16 della legge n. 64/1974.

Le esigenze della conservazione sono in alcuni casi da anteporre a quelle della sicurezza. Ne consegue che non è necessario adeguare i livelli di sicurezza di un edificio di interesse storico a quelli minimi fissati dalla normativa per gli edifici di nuova costruzione, ma è sufficiente che i livelli di sicurezza siano semplicemente migliorati rispetto a quelli antecedenti l'intervento. Le tecniche di intervento da utilizzare per i beni architettonici dovranno pertanto tenere conto delle loro peculiarità storiche, artistiche, architettoniche e distributive. Questo significa che il miglioramento dovrà essere eseguito senza produrre sostanziali modifiche nel comportamento strutturale dell'edificio, utilizzando, per quanto possibile, tecniche di intervento e metodologie operative volte alla massima conservazione materica, fisica e morfologica dei fabbricati. Tecniche e materiali con carattere di reversibilità anche parziale, da impiegarsi in modo discreto, non invasivo, coerente con la logica costruttiva e l'impianto strutturale esistente.

Art. 4.8.3 - Sarcitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale

L'obiettivo di questa lavorazione dovrà essere quello di integrare parti di muratura assolutamente non più recuperabili e non più in grado di assolvere alla loro funzione statica e/o meccanica mediante una graduale sostituzione che non dovrà comunque interrompere, nel corso dei lavori, la funzionalità statica della muratura.

L'Appaltatore, quindi, provvederà, delimitata la parte di muratura da sostituire, ad individuare le zone dei successivi interventi che dovranno essere alternati in modo da potere sempre disporre di un quantitativo sufficiente di muratura resistente.

Aprirà una breccia nella prima zona d'intervento ricostruendo la porzione demolita con muratura di mattoni pieni e malta magra di cemento, avendo sempre la cura di mettere bene in risalto la nuova integrazione rispetto alla muratura esistente, per materiale, forma, colore o tecnica applicativa secondo le scelte della D.L., ammorsando da una parte la nuova struttura con la vecchia muratura resistente e dall'altra parte lasciando le ammorsature libere di ricevere la successiva muratura di sostituzione.

Dovrà, in seguito, forzare la nuova muratura con la sovrastante vecchia muratura mediante l'inserimento di cunei di legno da controllare e da sostituire, solo a ritiro avvenuto, con mattoni e malta fluida fino a rifiuto.

Queste operazioni andranno ripetute per tutte le zone d'intervento.

Art. 4.8.4 - Fissaggio di paramenti sconnessi e/o in distacco

In presenza di porzioni superstiti di paramenti aderenti alla muratura, sia essa costituita da laterizi, tufi, calcari, e comunque realizzata (opera reticolata, incerta, vittata, listata, quasi reticolata, mista, ecc.), l'Appaltatore dovrà far pulire accuratamente la superficie e rimuovere ogni sostanza estranea, secondo le modalità già descritte.

Procederà, quindi, all'estrazione degli elementi smossi, in fase di caduta e/o distacco, provvedendo alla loro pulizia e lavaggio ed alla preparazione dei piani di posa con una malta analoga all'originale additivata con agenti chimici solo dietro espressa richiesta della D.L.

Eseguirà, in seguito, la ricollocazione in opera degli elementi rimossi e la chiusura sottoquadro dei giunti mediante la stessa malta, avendo cura di sigillare le superfici d'attacco tra paramento e nucleo mediante iniezioni o colaggi di miscele fluide di malta a base di latte di calce e pozzolana vagliata e ventilata o altre mescole indicate dalla D.L.

Potranno inoltre effettuarsi interventi di messa in sicurezza di elementi a rischio di apparati decorativi (gronde, cornici, archetti pensili, modanature, lesene) tramite il fissaggio al paramento di supporto utilizzando microbarre in acciaio inox. Si dovranno effettuare fori del diametro di mm 6-8 (che comunque dipenderà dalle dimensioni e dallo stato materico del manufatto da consolidare) con trapani a bassa rotazione sino a raggiungere lo strato del supporto

che sarà interessato dal foro per circa cm 10. Verrà successivamente iniettata resina epossidica ed immediatamente annegate le barre in inox avendo cura di evitare fuoriuscite e sbavature del prodotto verso l'esterno. Andrà infine eseguita la stuccatura superficiale utilizzando malta di calce idraulica caricata con cocchio pesto o polvere di marmo.

Qualora per motivi statici o strutturali si dovesse procedere alla ricostruzione di paramenti analoghi a quelli originali, detti paramenti verranno realizzati con materiali applicati in modo da distinguere la nuova esecuzione (sottoquadro, sopraquadro, trattamenti superficiali).

Art. 4.8.5 - Protezione delle teste dei muri

Per garantire una buona conservazione delle strutture murarie oggetto di intervento sarà possibile realizzare particolari volumi di sacrificio sulle creste delle stesse, oltre ad eventuali opere di ripedonamento, o sugli spioventi tramite apposite ripianature.

L'eventuale volume si realizzerà a seconda del tipo, dello spessore e della natura della muratura originale. Dovrà inoltre distinguersi in modo netto dalle strutture originarie per tipologia costruttiva o materiale pur accordandosi armoniosamente con esse, assicurandone la continuità strutturale.

L'Appaltatore provvederà quindi alla risarcitura, al consolidamento ed alla parziale ricostruzione della struttura per la rettifica e alla eventuale integrazione delle lacune secondo i modi già indicati. Potrà quindi procedere alla realizzazione di più strati di malta capaci di sigillare la tessitura muraria, facilitare e smaltire l'acqua piovana evitandone il ristagno.

Tale strato dovrà, in genere, essere eseguito armonizzando l'inerte, la pezzatura e la sagoma con l'originaria muratura sottostante, utilizzando per piccole porzioni inerti adatti e malte simili alle originali per composizione fisico-chimica; oppure per porzioni consistenti, evidenziando la nuova malta con colorazioni o finiture differenti dalle originali, pur conservandone le caratteristiche. In casi particolari le malte potranno essere additivate con opportuni prodotti di sintesi chimica, ma solo dietro specifica richiesta ed autorizzazione della D.L.

Art. 4.8.6 - Ristilatura dei giunti di malta

I lavori conservativi su murature in genere, nella gran parte dei casi, riguardano in maniera piuttosto evidente i giunti di malta di allettamento tra i singoli manufatti. Si dovranno pertanto effettuare analisi mirate, sulla composizione chimico-fisica dei manufatti e delle malte di allettamento, per determinarne la natura, la provenienza e la granulometria.

La prima operazione di intervento riguarderà l'eliminazione puntuale dei giunti di malta incompatibili, giunti cioè realizzati con malte troppo crude (cementizie), incompatibili col paramento, in grado di creare col tempo stress meccanici evidenti. L'operazione dovrà avvenire con la massima cura, utilizzando scalpelli di piccole dimensioni ed evitando accuratamente di intaccare il manufatto originale. Seguirà un intervento di pulitura utilizzando pennelli a setole morbide e bidone aspiratutto. Previa abbondante bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà la stilatura dei giunti di malta tramite primo arriccio in malta di calce idraulica esente da sali solubili e sabbia vagliata (rapporto legante inerte 1:2). U arriccio sarà da effettuarsi utilizzando piccole spatole evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con le spatole) si potranno eventualmente proteggere le superfici al contorno utilizzando nastro in carta da carrozziere.

La ristilatura di finitura si effettuerà con grassello di calce e sabbia del Ticino eventualmente additivati con sabbie di granulometrie superiori, cocchio pesto, polveri di marmo (rapporto leganti-inerti 1:3). La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campioni, e dalla risoluzione cromatica che si vuole ottenere in sintonia con le malte esistenti (per piccole ristilature) o in difformità per distinguerle da quelle esistenti (porzioni di muratura più vaste). Tali scelte saranno esclusivamente dettate dalla D.L. comunque dietro specifica autorizzazione degli organi competenti alla tutela del bene in oggetto. La ristilatura avverrà sempre in leggero sottoquadro e dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione tramite piccole spugne inumidite in acqua deionizzata.

Le malte utilizzate dietro specifica richiesta e/o autorizzazione della D.L., potranno essere caricate con additivi di natura chimica, quali resine epossidiche (richiesta di forte adesività per stuccature profonde non esposte ai raggi UV) o resine acriliche o acril-siliconiche.

Art. 4.8.7 - Interventi conservativi sul calcestruzzo armato

Una volta identificate chiaramente le cause di degrado ed il processo patologico in atto, prima di procedere a qualsiasi intervento, andrà valutata la vita residua del calcestruzzo carbonatato, che potrebbe essere decisamente ancora lunga. In questo caso il calcestruzzo può anche non essere eliminato risultando ancora molto lento il processo di ossidazione dei ferri di armatura.

Nel caso in cui si dovesse invece intervenire (calcestruzzo umido, distaccato, fessurato, ecc.) qualunque intervento di conservazione deve essere preceduto da un'accurata preparazione delle superfici su cui verrà applicato l'opportuno materiale di ripristino. Trascurare o affrontare approssimativamente questo aspetto della procedura di intervento significa ottenere un risultato di breve durata. Al momento dell'esecuzione dei lavori le superfici da trattare dovranno presentarsi in modo perfetto. La procedura di intervento prevede operazioni di pulitura e bonifica, di consolidamento e protezione.

- Pulitura e bonifica. Si dovranno eliminare tracce di sporco, particelle incoerenti e decoese, tutte le parti carbonatate ed ammalorate, per ottenere una superficie che presenti le caratteristiche idonee di aggrappo e rugosità per l'adesione delle malte. Lo spessore di calcestruzzo da asportare dipende ovviamente dall'entità del

degrado del manufatto. La profondità dovrebbe essere di almeno cm 1,5-2,5 e ragionevolmente uniforme per tutta l'estensione della zona da risanare. Nel caso di ferri d'armatura esposti, in presenza di cloruri, si procederà alla loro pulitura tramite sabbiatura per ottenere superfici totalmente pulite. La sabbiatura impiegherà sabbia silicea con granulometria compresa tra mm 1 e 2, proiettata con un compressore a flusso variabile con una pressione di esercizio di atm 6/7.

“In caso di calcestruzzo carbonatato o con una presenza di cloruri sopra la soglia critica (0,4% in peso rispetto al cemento) si effettuerà la completa bonifica del calcestruzzo ammalorato, scalzando l'intera zona all'intorno dei ferri corrosi fino a raggiungere il cls sano. L'operazione avverrà sin dietro alle armature ad una profondità di almeno cm 2 o quella equivalente ad un diametro di tondino. La rimozione del calcestruzzo ammalorato potrà eseguirsi manualmente oppure, se l'estensione della riparazione lo esige, con martelli elettrici a basso impatto onde evitare la formazione di ulteriori fessurazioni. Nel caso in cui si dovesse applicare uno spessore insufficiente di nuovo calcestruzzo, andrà effettuato un trattamento preliminare delle armature di tipo meccanico fino alla completa eliminazione della ruggine e far diventare la superficie brillante. Le armature vengono in seguito protette con un trattamento anticorrosivo e aggrappante a tre componenti, affinato con resine epossidiche. In alternativa si potranno utilizzare vernici antiruggine, o meglio, betoncini alcalini antiruggine, o mano preparatoria a spruzzo, utilizzando uno strato sottile di adesivo polimerico in veicolo acquoso. Questo trattamento, oltre a consentire l'adesione della malta di ripristino, consentirà di evitare la corrosione delle armature nelle zone in cui lo spessore del copriferro dovrà essere mantenuto basso.

- Consolidamento. Il calcestruzzo del copriferro rimosso verrà sostituito con malta monocomponente alcalina (che consente la ripassivazione delle armature) con modulo elastico simile al calcestruzzo, a ritiro controllato, a base di polimeri sintetici e microsilice. La malta verrà applicata a spatola o a cazzuola previa abbondante bagnatura dei sottofondi per evitare che assorbano parte del liquido di impasto. La quantità d'acqua necessaria dipende dalla porosità del materiale; non si dovrà eccedere nella bagnatura in quanto potrebbe formarsi una pellicola d'acqua superficiale in grado di ridurre l'adesione della malta. Al momento dell'applicazione le superfici dovranno presentare un aspetto opaco. A getto ultimato sarà mantenuta umida l'applicazione per almeno 24 ore, avvenuta la stagionatura umida sarà sempre opportuno applicare un antievaporante (sconsigliato se si passano ulteriori rivestimenti protettivi). A completa presa della malta da riparazione verrà applicata la malta di finitura a base acrilica, monocomponente, contenente cemento con aggregati selezionati e polimeri sintetici. Le malte utilizzate dovranno essere esenti da inerti quale gesso e silice reattiva, possedere buona tixotropia, elevata lavorabilità, assenza di ritiro.
- Protezione. La superficie esterna dovrà essere infine protetta con una rasatura di malta di finitura per calcestruzzo, con una pittura o con una vernice. Il rivestimento protettivo deve comunque garantire un'adeguata idrorepellenza e la barriera all'anidride carbonica. Barriera che non può essere totale perché comporterebbe anche l'abbattimento della permeabilità al vapore acqueo. Si dovranno pertanto utilizzare additivi quali polimeri acrilici e miscele di copolimeri in etilene o xilene previa impregnazione con silani: tali trattamenti sono in grado di conferire al calcestruzzo buona protezione ed idrorepellenza. Nello specifico saranno da applicare circa 200-300 g/mq di idrorepellente silanico e, dopo 24 ore dall'impregnazione, 170-200 g/mq di pittura acrilica.

In ogni caso tutte le strutture in calcestruzzo realizzate a contatto con il terreno dovranno essere impermeabilizzate.

Art. 4.9 - Consolidamento delle murature

Art. 4.9.1 - Generalità

I lavori di consolidamento delle murature potranno essere effettuati ricorrendo a tutte quelle tecniche, anche a carattere specialistico e ad alto livello tecnologico, purché vengano giudicate compatibili, dalla D.L. e dagli organi competenti per la tutela del bene, con la natura delle strutture esistenti e siano altresì chiaramente riconoscibili e distinguibili dai manufatti originari sui quali si sta operando con interventi prettamente conservativi.

Per quanto possibile tali lavori dovranno essere eseguiti in modo da garantire l'eventuale reversibilità dell'intervento.

I lavori di consolidamento delle murature dovranno essere condotti, ove applicabili, nei modi stabiliti dal D.M. 2 luglio 1981, n. 198, dalle successive Circ. 10 luglio 1981, n. 21745 e 19 luglio 1981, n. 27690 e dal D.M. 9 gennaio 1987.

La conservazione dei materiali costituenti la fabbrica sarà affrontata in maniera articolata secondo due livelli di intervento: valutando il materiale in quanto tale o considerando l'edificio nel suo insieme di elementi materici con funzione statica, in relazione quindi a problemi di resistenza e stabilità strutturale.

I seguenti paragrafi daranno le indicazioni ed i criteri fondamentali circa le metodologie di intervento per gli eventuali consolidamenti statici. Sarà comunque cura della D.L. porre in essere, a completamento e miglior spiegazione di quanto alle tavole progettuali, ulteriori e/o diverse indicazioni.

Il rilievo ed il controllo delle lesioni costituiranno il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di risanamento statico, rilievo e controllo ai quali l'Impresa, senza compenso alcuno, dovrà garantire il massimo di collaborazione ed assistenza.

I sopraccitati rilievo e controllo saranno eseguiti con adatti strumenti (deformometri meccanici e/o elettronici, estensimetri, autoregistratori) per accertare se il dissesto è in progressione accelerata, ritardata o uniforme, oppure se è in fase di fermo su una nuova condizione di equilibrio.

Nel caso di progressione accelerata del dissesto potrà essere necessario un pronto intervento per opere provvisorie di cautela, in conformità alle disposizioni della D.L. Nel caso di arresto di una nuova configurazione di equilibrio sarà necessario accertare il grado di sicurezza con cui tale equilibrio è garantito, per intervenire secondo le modalità prescritte dalla D.L., ovvero interventi tesi a bloccare l'edificio nell'assetto raggiunto o integrare gli elementi strutturali con irrobustimenti locali o generali per proteggere, con un conveniente margine, la sicurezza di esercizio.

Se i preliminari accertamenti assicureranno che la sottostruttura è estranea alla fenomenologia rilevata, il risanamento statico sarà conseguito con i procedimenti seguenti, la cui scelta, a cura della D.L., sarà condizionata dalle varie situazioni locali:

- nel caso di dissesti per schiacciamento sarà necessaria la rigenerazione delle murature con iniezioni di resine epossidiche opportunamente caricate con l'integrazione della capacità portante mediante apposite armature metalliche;
- nei casi di dissesti per pressoflessione sarà necessario l'impiego di adatte armature rigidamente collegate alla struttura muraria mediante resine epossidiche, oppure attraverso l'inserimento di elementi metallici tendenti a ridurre le lunghezze di libera inflessione;
- nel caso in cui sia necessario ridurre e/o controbilanciare la spinta di archi e volte sarà fatto divieto di usare alleggerimenti con sottrazione di materia della fabbrica e sarà quindi necessario introdurre adatte barre di armatura, eventualmente pretese, comunque connesse alla muratura mediante resina epossidica.

Pertanto nelle zone in cui, per ragioni di vario ordine, insorgono sforzi di trazione e taglio, che rendono necessarie iniezioni di resina e/o eventuale armatura metallica, tali iniezioni e/o armature dovranno formare un corpo unico con la muratura, assorbendone i sopradetti sforzi, per conferirle la corretta capacità reattiva che la sappia rigenerare nei confronti degli stati di sollecitazione anomali che hanno generato il quadro fessurativo.

Il procedimento sarà particolarmente utile sia nel caso di schiacciamento sia nel caso di pressoflessione: nel primo la cucitura armata che sarà eseguita tra due paramenti di muro dovrà consentire una bonifica generale per il diffondersi del legante epossidico e si opporrà a spostamenti trasversali, per la resistenza a trazione garantita dai tondi metallici inseriti; nel secondo caso si dovrà ottenere un effetto identico a quello conseguente a cerchiature e/o tiranti metallici, con il vantaggio, e comunque l'obbligo, di non lasciare a vista l'intervento.

Art. 4.9.2 - Consolidamento mediante iniezioni a base di miscele leganti

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle sue cavità, la natura della sua materia, la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono.

Gli esami potranno essere effettuati mediante tecniche molto usate come la percussione della muratura oppure ricorrendo a carotaggi con prelievo di materiale, a sondaggi endoscopici o, in relazione all'importanza delle strutture e dietro apposita prescrizione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, ecc.). In presenza di murature particolari, con grandi spessori e di natura incerta, sarà inoltre indispensabile effettuare prove di consolidamento utilizzando differenti tipi di miscele su eventuali campioni tipo in modo da assicurarsi che l'iniezione riesca a penetrare sino al livello interessato.

In presenza di murature in pietrame incerto sarà preferibile non togliere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eccessivo trasudamento della miscela legante.

La tecnica consisterà nell'iniettare nella massa muraria ad una pressione variabile in ragione del tipo di intervento, una malta cementizia e/o epossidica opportunamente formulata che riempiendo le fratture e gli eventuali vuoti, sappia consolidare la struttura muraria, sostituendosi e/o integrando la malta originaria.

I punti su cui praticare i fori (in genere 2 o 3 ogni mq) verranno scelti dalla D.L. in base alla distribuzione delle fessure ed al tipo di struttura. Detti fori, di diametro opportuno (indicativamente da mm 30 a 50) si eseguiranno con sonde a rotazione munite di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia.

Nelle murature in pietrame, le perforazioni dovranno essere eseguite in corrispondenza dei giunti di malta e ad una distanza di circa cm 60-80 in relazione alla compattezza del muro.

Nelle murature in mattoni pieni la distanza fra i fori non dovrà superare i cm 50.

Si avrà l'accortezza di eseguire le perforazioni finalizzando l'operazione alla sovrapposizione delle aree iniettate, ciò sarà controllabile utilizzando appositi tubicini "testimone" dai quali potrà fuoriuscire l'esubero di miscela iniettata. I tubicini verranno introdotti, per almeno cm 10 ed avranno un diametro di circa mm 20, verranno poi sigillati con la stessa malta di iniezione a consistenza più densa.

Durante questa operazione sarà necessario evitare che le sbavature vadano a rovinare in modo irreversibile l'integrità degli adiacenti strati di rivestimento.

Per favorire la diffusione della miscela, l'Appaltatore dovrà praticare dei fori profondi almeno quanto la metà dello spessore dei muri. Nel caso di spessori inferiori ai cm 60-70, le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; oltre i cm 70 si dovrà operare su entrambe le facce nel caso in cui lo spessore dovesse essere ancora

maggiore, o ci si trovasse nell'impossibilità di iniettare su entrambe le facce, si dovrà perforare la muratura da un solo lato fino a raggiungere i 2/3 della profondità del muro.

In caso di murature in mattoni pieni si praticheranno perforazioni inclinate di almeno 45 gradi verso il basso fino a raggiungere una profondità di cm 30-40 (sempre comunque rapportata allo spessore del muro) tale operazione si rende necessaria per distribuire meglio la miscela e per interessare i diversi strati di malta.

Tutte le fessure, sconnessioni, piccole fratture tra i manufatti interessati all'intervento andranno preventivamente stuccate per non permettere la fuoriuscita della miscela legante.

Prima dell'iniezione si dovrà effettuare un prelavaggio al fine di saturare la massa muraria e di mantenere la densità della miscela. Il prelavaggio profondo sarà inoltre utile per segnalare e confermare le porzioni delle zone da trattare, che corrisponderanno con la gora di umidità, oltre all'esistenza di possibili lesioni non visibili.

Il lavaggio andrà eseguito con acqua pura, eventualmente deionizzata e priva di materie terrose. Durante la fase del lavaggio andranno effettuate le operazioni supplementari di rinzafo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

L'iniezione della miscela cementante potrà essere composta da acqua e cemento nella proporzione di 1:1 (1 quintale di cemento per 100 litri di acqua), oppure con miscele di cemento, sabbie molto fini e/o additivi quali resina epossidica formulata in maniera opportuna e miscelata con adatto solvente, al fine di ottenere una corretta viscosità per consentirne la penetrazione in maniera diffusa. All'iniezione di resina potrebbe essere necessario far procedere una iniezione di solvente a bassa pressione, per saturare la superficie di pietre, mattoni, malta, per favorire la diffusione della resina epossidica e comunque la sua polimerizzazione in presenza di solvente.

La miscela dovrà essere omogenea, ben amalgamata ed esente da grumi ed impurità.

L'iniezione delle miscele all'interno dei fori sarà eseguita a bassa pressione e andrà, effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro di facile ed immediata lettura.

Se il dissesto sarà limitato ad una zona ristretta dovranno essere risanate, con una pressione non troppo elevata, prima le parti più danneggiate ed in seguito le rimanenti zone, utilizzando una pressione maggiore.

Andrà realizzato preventivamente un preconsolidamento, eseguito colando mediante un imbuto una boiaccia molto fluida, si effettueranno successivamente le iniezioni procedendo con simmetria, dal basso verso l'alto al fine di evitare squilibri di peso ed impreviste alterazioni nella statica della struttura.

Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela mediante una pressione di circa 0,5-1,0 kg/cmq in modo da agevolare il drenaggio ed otturare i fori con il ritorno elastico.

Sarà inoltre opportuno aumentare la pressione di immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento sarà di 1/2 atmosfera ogni ml 3 di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. La pressione dovrà essere mantenuta costante fino a quando la miscela non sarà ovviamente fuoriuscita dai buchi adiacenti o dai tubicini "testimoni".

Ad indurimento della miscela, gli ugelli saranno rimossi ed i fori sigillati con malta appropriata.

In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

Sarà consentito l'impiego di tiranti d'acciaio, trasversali per evitare danni alla muratura per effetto di elevate pressioni di iniezione.

Non sarà assolutamente consentito, salva diversa prescrizione della D.L., la demolizione di intonaci e/o stucchi; sarà anzi necessario provvedere al loro preventivo consolidamento e/o ancoraggio al paramento murario, prima di procedere all'iniezione stessa.

Ad operazione terminata sarà opportuno prevedere una serie di indagini cadenzate nel tempo per verificarne l'effettiva efficacia.

Art. 4.9.3 - Consolidamento mediante iniezioni armate - Reticolo cementato

Le operazioni da effettuarsi, molto simili a quelle previste per le iniezioni di malte leganti, avranno le finalità di assicurare alla muratura per mezzo dell'utilizzo di un'armatura metallica, un consistente aumento della resistenza agli sforzi di trazione: durante i lavori di consolidamento l'Appaltatore dovrà inserire nei fori delle barre metalliche opportunamente distanziate ed alettate che, in seguito alle iniezioni delle malte, vengono a solidarizzarsi con la muratura. Lo schema distributivo, l'inclinazione ed il calibro delle barre saranno scelti dalla D.L., in funzione dei dissesti riscontrati dall'esame del quadro fessurativo dell'edificio o delle variazioni, apportate nel corso dei lavori di risanamento agli equilibri dei carichi.

I lavori dovranno essere condotti in modo da realizzare, all'interno della muratura, una struttura solidamente interconnessa in grado di resistere a vari stati di sollecitazione.

Le armature saranno costituite da tondini in acciaio inossidabile, normali o ad aderenza migliorata, dalle dimensioni prescritte dagli elaborati di progetto od ordinate dalla D.L.

Le barre potranno essere eventualmente pretese, per generare un'azione di contrasto nella muratura prima dell'insorgere di ulteriori deformazioni. Ciò potrà essere effettuato impiegando tondini di acciaio filettato alle estremità in modo da poter essere messi a contrasto tramite piastre metalliche di ripartizione e bulloni da serrarsi con chiavi dinamometriche ovvero impiegando trefoli d'acciaio armonico opportunamente pretesi mediante martinetti.

Art. 4.9.4 - Consolidamento mediante paretine di contenimento

Questo tipo di consolidamento sarà da utilizzarsi solo ed esclusivamente su murature particolarmente degradate, non più in grado di assolvere a pieno la loro funzione statica, ma che in ogni modo devono essere conservate parzialmente

o integralmente. Per tale motivo questa tecnica dovrà essere utilizzata con le dovute cautele, mai in maniera generalizzata, dietro specifiche indicazioni progettuali e della D.L. e con il benessere degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento. Il consolidamento verrà eseguito facendo aderire da un lato, o su ambedue i lati della superficie muraria, delle lastre cementizie gettate in opera su dei reticoli elettrosaldati da collegare tramite tondini d'acciaio.

L'Appaltatore dovrà, quindi, demolire, dietro autorizzazione della D.L., i vecchi intonaci, i rivestimenti parietali, le parti incoerenti ed in fase di distacco, fino a raggiungere la parte sana della struttura.

Le lesioni andranno ripulite, allargate e spolverate con l'aiuto di aria compressa e bidone aspiratutto.

Si dovranno eseguire perforazioni passanti in senso obliquo (almeno 6 per metro), al cui interno si collocheranno i tondini in acciaio lasciandoli sporgere dalla struttura per almeno cm 10 da ogni lato. I tondini saranno del tipo e del diametro indicato dagli elaborati di progetto e/o ordinato dalla D.L. con diametro minimo di mm 4-6. Una volta stuccate le eventuali lesioni, fessure o parti di struttura situate sotto i fori con la malta prescritta, si potranno posizionare reti elettrosaldate su entrambe i lati del muro. Le reti avranno diametro e maglia come specificato negli elaborati di progetto e/o comandati dalla D.L. Andranno quindi risvoltate per almeno cm 50 in corrispondenza degli spigoli laterali in modo da collegare ortogonalmente le nuove paretine armate con le altre strutture portanti. Le reti inoltre, andranno saldamente collegate alle barre.

Sulla struttura preventivamente bagnata sarà applicato uno strato di malta del tipo prescritto dal progetto e/o dalla D.L.

In ogni caso salve diverse indicazioni di progetto l'Appaltatore dovrà tenere presente che:

- per realizzare spessori inferiori ai cm 3 dovrà mettere in opera la malta a spruzzo;
- per realizzare spessori intorno ai cm 3-5 dovrà applicare la malta manualmente;
- per realizzare spessori intorno ai cm 5-10 dovrà ricorrere al getto in casseforme.

Gli spessori ed il tipo di posa e realizzazione dovranno essere rapportati e calibrati in base al degrado della struttura ed al tipo di sollecitazioni cui è e sarà sottoposta.

Per interventi su lesioni isolate, anche di spessori consistenti, in corrispondenza di incroci di muri, di aperture, la rete elettrosaldata potrà essere usata in strisce di cm 50-80, posizionata su entrambe i lati della muratura tramite chiodatura e collegata con tondini passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per sarcire le eventuali lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà preferibilmente essere di tipo espansivo.

Art. 4.9.5 - Consolidamento mediante tiranti metallici

Questo tipo di consolidamento andrà utilizzato quando si richieda un miglioramento della prestazione statica del complesso edilizio, riducendo al minimo l'utilizzo di cemento armato o altre tecniche eccessivamente invasive ed irreversibili. L'inserimento di tiranti, ancorati tramite piastre di dimensioni opportune o chiavi risulta certamente utile per dotare l'edificio di un'ideale ed elastica cerchiatura, in alternativa ai cordoli in cemento armato.

I tiranti possono essere realizzati con normali barre in acciaio per armatura o con trefoli in acciaio armonico, che vanno disposti sia orizzontalmente sia verticalmente ed estesi all'intera dimensione della parete. Qualora i solai non siano in grado di assicurare un sufficiente incatenamento delle pareti, si dovrà intervenire con l'inserimento di tiranti orizzontali, che verranno ancorati all'esterno delle pareti stesse. In alternativa si potranno far agire i solai come incatenamenti, applicando a travi e travetti chiavi metalliche ancorate all'esterno della parete. Sempre che questi elementi vengano in fase progettuale ritenuti idonei allo scopo.

L'impiego dei tiranti in acciaio è rivolto a migliorare lo schema strutturale e quindi il comportamento dell'edificio non solo in caso di eventi sismici.

I tiranti metallici dovranno essere applicati di preferenza all'interno della muratura e fissati alle estremità con piastre atte alla distribuzione dei carichi. Le tirantature metalliche potranno anche essere lasciate completamente a vista nel caso in cui il progetto lo preveda e/o dietro indicazioni specifiche della D.L.

Una volta segnati i livelli e gli assi dei tiranti, l'Appaltatore dovrà preparare la sede di posa dei tiranti mediante l'utilizzo di trapani esclusivamente rotativi del diametro prescritto onde evitare sconnessioni e ogni possibile disturbo all'equilibrio della struttura disassata.

Quando si dovesse predisporre la sede di posa dei tiranti in aderenza ai paramenti esterni l'Appaltatore dovrà praticare nella muratura delle apposite scanalature. Le loro sezioni e la loro posizione saranno prescritte dagli elaborati di progetto e dovranno essere in grado di contenere i piani di posa dei tiranti e delle piastre di ripartizione, le cui aree di appoggio dovranno essere spianate con getto di malta antiritiro.

I tiranti, una volta tagliati e filettati per circa cm 10 da ogni lato, andranno posti in opera e fissati alle piastre (dalle dimensioni e spessori prescritti) mediante dadi filettati, predisponendo preventivamente apposite guaine protettive.

Ad avvenuto indurimento delle guaine usate per i piani di posa delle piastre, l'Appaltatore metterà in tensione i tiranti per mezzo di chiavi dinamometriche in modo che la tensione applicata non superi il 50% di quella ammissibile dal cavo di acciaio. Si salderanno infine i dadi filettati.

La sede di posa dei tiranti, se prevista all'interno della struttura, potrà essere riempita, dietro precise indicazioni della D.L., con iniezioni di malte reoplastiche o di prodotti di sintesi chimica, mentre le scanalature potranno essere sigillate

con malta o lasciate a vista, eventualmente rifinite in modo da non andare in contrasto con l'aspetto del paramento murario.

Per garantire alla struttura le migliori prestazioni statiche, i tiranti orizzontali dovranno essere posizionati in corrispondenza dei solai o di altre strutture orizzontali mentre lo spazio fra due tiranti contigui dovrà essere ridotto al minimo.

I tiranti verticali, diagonali e comunque inclinati verranno inseriti in fori passanti (diam. mm 45/65) attraverso le murature, nei quali verrà poi iniettata a pressione malta epossidica opportunamente formulata, per la formazione del bulbo di ancoraggio. Nel caso di murature troppo dissestate si provvederà ad una preventiva iniezione di consolidamento con malta epossidica. Verranno poi messe in opera le piastre di ancoraggio. L'operazione di tesatura avverrà dopo il completo essiccamento del bulbo di ancoraggio.

La realizzazione di tali collegamenti potrà essere ad un solo cavo o a più cavi in ragione della coazione che la D.L. riterrà opportuno inserire.

Il posizionamento, le forme e le dimensioni delle piastre di ancoraggio dovranno essere effettuati secondo le prescrizioni del progetto o della D.L., potranno infatti essere ortogonali al tirante, inclinate rispetto a questo, a bloccaggio singolo o pluricavo.

Art. 4.10 - Strutture orizzontali o inclinate, solai, volte e coperture - Lavori di costruzione

Art. 4.10.1 - Costruzione delle volte

Le volte in genere saranno costituite sopra solide armature, formate secondo le migliori regole ed in modo che il manto o tamburo assuma la conformazione assegnata all'intradosso degli archi, volte o piattabande, salvo a tener conto di quel tanto in più, nel sesto delle centine, che si crederà necessario a compenso del presumibile abbassamento della volta dopo il disarmo.

È data facoltà all'Appaltatore di adottare nella formazione delle armature suddette quel sistema che crederà di sua convenienza, purché presenti la necessaria stabilità e sicurezza, avendo l'Appaltatore l'intera responsabilità della loro riuscita, con l'obbligo di demolire e rifare a sue spese i volti che, in seguito al disarmo, avessero a deformarsi o a perdere la voluta robustezza.

Ultimata l'armatura e diligentemente preparate le superfici d'imposta delle volte, saranno collocate in opera i conci di pietra o i mattoni con le connessure disposte nella direzione precisa dei successivi raggi di curvatura dell'intradosso, curando di far procedere la costruzione gradatamente e di conserva sui due fianchi.

Dovranno inoltre essere sovraccaricate le centine alla chiave per impedirne lo sfiaccamento, impiegando all'uopo lo stesso materiale destinato alla costruzione della volta.

In quanto alle connessure, saranno mantenuti i limiti di larghezza fissati negli articoli precedenti secondo le diverse categorie di muratura.

Per le volte di pietrame s'impiegheranno pietre di forma, per quanto possibile, regolari, aventi letti di posa o naturalmente piani o resi grossolanamente tali con la mazza o con il martello.

Nelle volte con mattoni di forma ordinaria le connessure non dovranno mai eccedere la larghezza di mm 5 all'intradosso e di mm 10 all'estradosso. All'uopo l'Appaltatore, per le volte di piccolo raggio, è obbligato, senza diritto ad alcun compenso speciale, a tagliare diligentemente i mattoni per renderli cuneiformi, ovvero a provvedere, pure senza specifico compenso, mattoni speciali lavorati a raggio.

Si avrà la maggiore cura tanto nella scelta dei materiali, quanto nel loro collocamento in opera e, nell'unire con malta gli ultimi filari alla chiave, si useranno i migliori metodi suggeriti dall'arte, onde abbia a risultare un lavoro ad ogni parte perfetto. Le imposte degli archi, piattabande e volte dovranno essere eseguite contemporaneamente ai muri e dovranno riuscire bene collegate ad essi. La larghezza delle imposte stesse non dovrà in nessun caso essere inferiore a cm 20.

Occorrendo impostare volte o archi su piedritti esistenti si dovranno preparare preventivamente i piani d'imposta mediante i lavori che saranno necessari e che sono compresi fra gli oneri a carico dell'Appaltatore.

Per le volte oblique, i mattoni debbono essere tagliati sulle teste e disposti giusta la linea dell'apparecchio prescritto.

Nelle murature di mattoni pieni, messi in foglio o di costa, murati con cemento a pronta presa per la formazione di volte a botte, a schifo, a crociera, a padiglione, a vela ecc., e per le volte di scale alla romana, saranno seguite tutte le norme e cautele che l'arte specializzata prescrive, in modo da ottenere una perfetta riuscita dei lavori.

Sulle volte saranno formati i regolari rinfianchi fino al livello dell'estradosso in chiave, con buona muratura in malta in corrispondenza delle pareti superiori e con calcestruzzo per il resto.

Le sopraindicate volte in foglio dovranno essere rinforzate, ove occorra, da ghiere o fasce della grossezza di una testa di mattoni collegate alla volta durante la costruzione.

Per le volte e gli archi di qualsiasi natura l'Appaltatore non procederà al disarmo senza il preventivo assenso della Direzione Lavori.

Le centinature saranno abbassate lentamente ed uniformemente per tutta la larghezza, evitando soprattutto che per una parte il volto rimanga privo d'appoggio e, per l'altra si trovi sostenuto dall'armatura.

Art. 4.10.2 - Solai

Le coperture degli ambienti e dei vani potranno essere eseguite, a seconda degli ordini della Direzione Lavori, con solai di uno dei tipi descritti in appresso.

La D.L. ha la facoltà di prescrivere il sistema e tipo di solaio di ogni ambiente e per ogni tipo di solaio essa stabilirà anche il sovraccarico accidentale da considerare e l'Appaltatore dovrà senza eccezioni eseguire le prescrizioni della D.L.

L'Appaltatore dovrà provvedere ad assicurare solidamente alla faccia inferiore di tutti i solai ganci di ferro appendilumi nel numero, forma e posizione che, a sua richiesta, sarà precisato dalla D.L.

Solai su travi e travicelli in legno - Le travi principali a quattro fili di legno avranno le dimensioni e le distanze che saranno indicate in relazione alla luce ed al sovraccarico.

I travicelli di cm 8 per 10 pure a quattro fili, saranno collocati alla distanza, fra asse e asse, corrispondente alla lunghezza delle tavole che devono essere collocate su di essi. I vani sui travi, fra i travicelli, dovranno essere riempiti di muratura, e sull'estradosso delle tavole andrà disteso uno strato di calcestruzzo magro di calce idraulica formato con ghiaietto fino.

Solai su travi di ferro a doppio T (putrelle) con voltine in mattoni (pieni o forati) o con elementi laterizi interposti - Questi solai saranno composti delle putrelle, dei copriferri, delle voltine in mattoni (pieni o forati) o dei tavelloni o delle volterrane ed infine del riempimento.

Le putrelle saranno delle dimensioni fissate volta per volta dalla D.L. e collocate alla distanza fra asse ed asse che verrà prescritta; in ogni caso tale distanza non sarà superiore a m 1. Prima del loro collocamento in opera dovranno essere verniciate a minio e forate per l'applicazione delle chiavi, dei tiranti e dei tondini di armatura delle piattabande.

Le chiavi saranno applicate agli estremi delle putrelle alternativamente (e cioè una con le chiavi e la successiva senza), e i tiranti trasversali, per le travi lunghe più di m 5, a distanza non maggiore di m 2,50.

Le voltine di mattoni pieni o forati, saranno eseguite ad una testa in malta comune od in foglio con malta di cemento a rapida presa, con una freccia variabile fra cm 5 e 10.

Quando la freccia è superiore ai cm 5 dovranno intercalarsi fra i mattoni delle voltine delle grappe in ferro per meglio assicurare l'aderenza della malta di riempimento dell'intradosso.

I tavelloni e le volterrane saranno appoggiati alle travi con l'interposizione di copriferri.

Le voltine di mattoni, le volterrane ed i tavelloni saranno poi rinfrancate sino all'altezza dell'ala superiore della trave e dell'estradosso delle voltine e volterrane, se più alto, con scoria leggera di fornace o pietra pomice, convenientemente crivellata e depurata da ogni materiale pesante, impastata con malta magra fino ad intasamento completo.

Quando la faccia inferiore dei tavelloni o volterrane debba essere intonacata sarà opportuno applicarvi preventivamente una sbruffatura di malta cementizia ad evitare eventuali distacchi dell'intonaco stesso.

Solai in cemento armato - Per tali solai si richiamano tutte le norme e prescrizioni per l'esecuzione delle opere in cemento armato, di cui all'Art. 45.

Solai di tipo misto in cemento armato ed elementi laterizi forati (D.M. 30 maggio 1974, parte prima, paragrafo 5) - I laterizi dei solai di tipo misto in cemento armato, quando abbiano funzione statica, dovranno rispondere alle seguenti prescrizioni di cui al D.M. 30 maggio 1974, parte prima, paragrafo 5.

In particolare devono:

- 1) essere conformati in modo che le loro parti resistenti a pressione vengano nella posa a collocarsi tra di loro così da assicurare una uniforme trasmissione degli sforzi di pressione dall'uno all'altro elemento;
- 2) ove sia disposta una soletta di calcestruzzo staticamente integrativa di quella in laterizio, quest'ultima deve avere forma e finitura tali da assicurare la perfetta aderenza fra i due materiali, ai fini della trasmissione degli sforzi di scorrimento;
- 3) il carico di rottura a pressione semplice riferito alla sezione netta delle pareti e delle costolature non deve risultare inferiore a kg 350 per cm²;
- 4) qualsiasi superficie metallica deve risultare circondata da una massa di cemento che abbia in ogni direzione spessore non minore di un centimetro;
- 5) per la confezione a piè d'opera di travi in laterizio armato, l'impasto di malta di cemento deve essere formato con non meno di q 6 di cemento per mc di sabbia viva.

Art. 4.10.3 - Controsoffitti

Tutti i controsoffitti in genere dovranno eseguirsi con cure particolari allo scopo di ottenere superfici esattamente orizzontali (o anche sagomate secondo le prescritte centine), senza ondulazioni o altri difetti e di evitare in modo assoluto la formazione, in un tempo più o meno prossimo, di crepe, incrinature o distacchi dell'intonaco. Al manifestarsi di tali screpolature la Direzione Lavori avrà facoltà, a suo insindacabile giudizio, di ordinare all'Appaltatore il rifacimento, a carico di quest'ultimo, dell'intero controsoffitto con l'onere del ripristino di ogni altra opera già eseguita (stucchi, tinteggiature, ecc.).

Dalla faccia inferiore di tutti i controsoffitti dovranno sporgere i ganci di ferro appendilumi e/o si dovranno prevedere adatti fori per l'inserimento di corpi illuminanti ad incasso. Tutti i legnami impegnati per qualsiasi scopo nei controsoffitti dovranno essere abbondantemente spalmati di carbolino su tutte le facce.

La Direzione Lavori potrà prescrivere la predisposizione di adatte griglie o sfiatatoi in metallo per la ventilazione dei vani racchiusi dal controsoffitto.

Controsoffitto in rete metallica (cameracanna) - I controsoffitti in rete metallica saranno composti:

- 1) dell'armatura principale retta o centinata in legno di abete, formata con semplici costoloni di cm 6x12, oppure con centine composte di due o tre tavole sovrapposte ed insieme collegate con interesse di cm 100;
- 2) dell'orditura di correntini in abete della sezione di cm 4x4, posti alla distanza di cm 30 gli uni dagli altri e fissati solidamente con chiodi e reggette alle centine ed ai costoloni di cui sopra ed incassati ai lati entro le murature in modo da assicurare l'immobilità;
- 3) della rete metallica in filo di ferro lucido del diametro di mm 1 circa, con maglie di circa mm 15 di lato, che sarà fissata all'orditura di correntini con opportune grappette;
- 4) del rinzafo di malta bastarda o malta di cemento, secondo quanto prescritto, la quale deve risalire superiormente alla rete;
- 5) dell'intonaco (eseguito con malta comune di calce e sabbia e incollato a colla di malta fina) steso con dovute cautele e con le migliori Regole dell'Arte perché riesca del minore spessore possibile, con superficie piana e liscia.

Controsoffitto tipo "Perret" - I controsoffitti eseguiti con materiale speciale tipo Perret, Italia o simili, saranno costituiti da tavole sottili di cotto dello spessore di cm 2,5 armate longitudinalmente con tondini di acciaio annegato in malta a q 3 di cemento Portland per mc di sabbia, il tutto ancorato al solaio sovrastante mediante robusti cavallotti di ferro posti ad opportuna distanza.

La faccia vista del controsoffitto sarà sbruffata con malta bastarda.

Controsoffitto in graticcio tipo "Stauss" - I controsoffitti con graticcio di cotto armato tipo Stauss o simili saranno costituiti essenzialmente da strisce di rete di fili di ferro ricotto del diametro di mm 1 a maglie di mm 20 di lato aventi gli incroci annegati in crocette di forma poliedrica in argilla cotta ad alta temperatura, che assicurano alla malta una buona superficie di aderenza.

Dette strisce assicurate agli estremi a tondini di ferro da mm 8 almeno, ancorati a loro volta nelle murature perimetrali con opportune grappe poste a distanza di cm 25, ben tese mediante taglie tendifili, verranno sostenute con cavallotti intermedi (a distanza di circa m 0,40) ed occorrendo, mediante irrigidimenti di tondino di ferro da mm 3, in modo da risultare in tutta la superficie saldamente fissate al soffitto senza possibilità di cedimenti.

Per l'impalcatura si procederà come per un controsoffitto normale: la malta gettata con forza contro il graticcio deve penetrare nei fori tra le varie crocette, formando al di là di esse tante piccole teste di fungo che trattengono fortemente l'intonaco alla rete.

Trattandosi di rivestire superfici curve comunque centinate, la rete metallica del controsoffitto, tanto del tipo comune quanto del tipo Stauss, dovrà seguire le sagome di sostegno retrostanti opportunamente disposte ed essere fissata ad esse con tutti i necessari accorgimenti perché risulti assicurata e assuma la curvatura prescritta.

Controsoffitto in cartongesso - I controsoffitti saranno costituiti da una lastra in cartongesso dello spessore minimo di mm 10-13, fissata ad una struttura di sostegno, a sua volta ancorata con fili di sospensione e tasselli ad espansione al soffitto.

Le giunzioni tra pannelli verranno opportunamente stuccate con l'impiego di tela e gesso, e convenientemente rasate e carteggiate.

Art. 4.10.4 - Coperture a tetto

La copertura a tetto sarà sostenuta da una grossa armatura in legno, ferro o cemento armato, il tutto con le dimensioni e disposizioni che saranno prescritte dai tipi di progetto o dalla D.L.

Sulla grossa armatura saranno poi disposti i travicelli ed i listelli in legno (piccola armatura) sulla quale sarà poi distesa la copertura di tegole direttamente o con l'interposizione di un sottomanto in legno o in laterizi.

Sottomanto in legno - Sarà costituito da tavole di legno di abete dello spessore di cm 2,5, piallate dalla parte in vista, unite a filo piano e chiodate alla sottostante orditura di travicelli.

Sottomanto di pianelle o tavelline - Il sottomanto di pianelle o tavelline si eseguirà collocando sui travicelli o correntini le pianelle o tavelline una vicina all'altra, bene allineate e in modo che le estremità di esse posino sull'asse di detti legami e le connessure non siano maggiori di mm 6. Le dette connessure saranno stuccate con malta idraulica liquida. I corsi estremi lungo la gronda saranno ritenuti da un listello di abete chiodato alla sottostante armatura del tetto.

Copertura di tegole curve o coppi - La copertura di tegole a secco si farà posando sulla superficie da coprire un primo strato di tegole con la convessità rivolta verso il basso, disposte a filari ben allineati ed attigui, sovrapposte per cm 15 ed assicurare con frammenti di laterizi. Su questo tratto se ne collocherà un secondo con la convessità rivolta verso l'alto, similmente accavallate per cm 15 disposte in modo che ricoprano la connessura fra le tegole sottostanti.

Le teste delle tegole in ambedue gli strati saranno perfettamente allineate sia nel senso parallelo alla gronda sia in qualunque senso diagonale.

Il comignolo, i displuvi ed i compluvi saranno formati con tegoloni.

I tegoloni del comignolo e dei displuvi saranno diligentemente suggellati con malta, e così pure saranno suggellate tutte le tegole che formano contorno delle falde, o che poggiano contro i muri, lucernari, canne da camino e simili. Le tegole che vanno in opera sulle murature verranno posate sul letto di malta.

La copertura di tegole sul letto di malta verrà eseguita con le stesse norme indicate per la copertura di tegole a secco; il letto di malta avrà lo spessore di cm 4-5.

Copertura in tegole alla romana - La copertura in tegole alla romana (o maritate) composta di tegole piane (embrici) e di tegole curve (coppi) si eseguirà con le stesse norme della precedente, salvo che si poserà sulla superficie da coprire il primo strato di tegole piane debitamente intervallate e sovrapposte, e successivamente il secondo strato di tegole curve che ricopriranno i vuoti fra i vari filari di tegole piane. Anche per questo tipo di copertura a secco dovrà eseguirsi con calce idraulica mezzana la necessaria muratura delle testate e dei colmi, la calce a scarpa, ecc.

In corrispondenza delle gronde dovranno impiegarsi embrici speciali a lato parallelo.

Copertura di tegole piane - Nella copertura di tegole piane ad incastro (marsigliesi o simili), le tegole, quando devono poggiare su armatura di correnti, correntini o listelli, saranno fissate a detti legnami mediante legatura di filo di ferro zincato, grosso mm 1 circa, il quale, passando nell'orecchio esistente in riporto nella faccia inferiore di ogni tegola, si avvolgerà ad un chiodo pure zincato, fissato in una delle facce dei correntini o listelli.

Quando invece le tegole devono poggiare sopra un assito, sul medesimo, prima della collocazione delle tegole, saranno chiodati parallelamente alla gronda dei listelli della sezione di cm 4-3 a distanza tale, tra loro, che vi possano poggiare i denti delle tegole di ciascun filare.

Per la copertura di tegole piane ad incastro su sottomano di laterizio, le tegole dovranno posare sopra uno strato di malta grosso da cm 4 a 5, ed essere suggellate accuratamente una per una con la malta stessa. In ogni caso dovranno essere impiegate, nella posa della copertura, mezze tegole rette e diagonali alle estremità delle falde e negli spigoli, in modo da alternare le tegole da un filare all'altro.

Sopra i displuvi dovranno essere disposti appositi tegoloni di colmo murati in malta idraulica, inoltre dovrà essere inserito un numero adeguato di cappucci di areazione.

Copertura in lastre di ardesia artificiale - Le coperture in ardesia artificiale potranno essere eseguite nei seguenti tipi:

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| con lastre ondulate normali | spessore mm da 5,5 a 6 |
| con lastre ondulate alla romana | spessore mm da 5,5 a 6 |
| con lastre ondulate alla toscana | spessore mm 5,5 |
| con lastre piane alla francese | spessore mm 4 |

In ogni caso le lastre di copertura verranno poste in opera su tavolato di legno abete dello spessore di almeno mm 25 con superiore rivestimento di cartone catramato, ovvero sopra orditura di listelli pure in abete della sezione da cm 4x4 a cm 7x7 a seconda dell'interasse e del tipo di copertura, fissandole con speciali accessori in ferro zincato (grappe, chiodi o viti, ranelle triple, ecc.). La loro sovrapposizione dovrà essere, a seconda del tipo di lastra, da cm 5 a 8; i colmi ed i pezzi speciali terminali di ogni tipo saranno anch'essi fissati con gli appositi accessori.

L'ardesia artificiale per coperture potrà essere richiesta nel colore grigio naturale, rosso, nero-lavagna, ruggine.

Art. 4.10.5 - Coperture a terrazzo

Il solaio di copertura dell'ultimo piano a terrazzo sarà eseguito in piano, mentre le pendenze da darsi al terrazzo, non inferiori all'1%, saranno raggiunte mediante l'inclinazione del lastrico di copertura da eseguirsi in smalto, gretonato o simile. Sopra tale lastrico verrà eseguita una spianata di malta idraulica dello spessore di cm 2 (camicia di calce) e quindi la spianata di asfalto, che sarà data in due strati successivi dello spessore ciascuno non minore di mm 8, dati l'uno in senso normale all'altro, e ciò allo scopo di evitare ogni infiltrazione di acqua.

Anche le pareti perimetrali del terrazzo verranno protette, nella parte inferiore, previamente preparate con intonaco grezzo, mediante un'applicazione verticale di asfalto dello spessore di mm 8 e dell'altezza non inferiore di cm 20, raccordata opportunamente con gli strati suddetti.

Sulla spianata di asfalto sarà poi applicata direttamente (senza massetto) la pavimentazione.

Art. 4.11 - Strutture orizzontali o inclinate - Solai, volte e coperture - Demolizioni, sostituzioni e collegamenti

Art. 4.11.1 - Demolizioni

Per le opere di demolizione di solai, volte e coperture, l'Appaltatore sarà obbligato ad attenersi oltre che alle norme riportate all'Art. 1.2 del presente Capitolato, anche alle seguenti disposizioni:

Generalità - Gli interventi di demolizione o sostituzione riguarderanno esclusivamente porzioni o sistemi strutturali che risultino del tutto irrecoverabili dopo attenta campagna di rilievo e diagnosi. Ovvero tutti quei sistemi e/o sottosistemi non più in grado di assolvere la loro funzione statica, nemmeno mettendo in atto interventi consolidanti puntuali o estesi, in grado di lavorare in parallelo e/o in modo collaborante con gli stessi.

Si dovrà fare ricorso ad opere di sostituzione parziale solo quando alcune parti o elementi della struttura si presenteranno deteriorati a tal punto da non garantire la stabilità dell'intera struttura. Si utilizzeranno sempre e comunque a tal scopo materiali e tecniche idonee, possibilmente asportabili e/o sostituibili, in contrasto per forma e/o tipologia e/o materiale col manufatto esistente, pertanto nettamente identificabili e riconoscibili. Qualsiasi operazione sarà comunque da concordare preventivamente con la D.L. previa specifica autorizzazione degli enti preposti alla tutela del bene oggetto di intervento. Tutte le pavimentazioni potranno eventualmente essere recuperate integralmente dietro specifiche indicazioni della D.L.

Coperture - Fatte salve le generalità di cui sopra, si eseguirà in primo luogo, con ogni cautela, in condizioni di massima sicurezza per gli operatori, la dismissione del manto di copertura, di converse, scossaline, canali di gronda, delle canne fumarie e dei comignoli; solo in seguito l'Appaltatore potrà rimuovere la piccola, la media e la grossa orditura o comunque la struttura sia essa di legno, sia di ferro o di cemento armato.

In presenza di cornicioni o di gronde a sbalzo, dovrà assicurarsi che questi siano ancorati all'ultimo solaio o, viceversa, trattenuti dal peso della copertura; in quest'ultimo caso, prima di rimuovere la grossa orditura, dovrà puntellare i cornicioni.

La demolizione della copertura, si dovrà effettuare operando dall'interno dell'edificio; in caso contrario gli operai dovranno lavorare esclusivamente sulla struttura principale e mai su quella secondaria, impiegando opportunamente tavole di ripartizione.

Nel caso in cui la quota del piano di lavoro rispetto al piano sottostante superi i m 2, l'Appaltatore sarà obbligato a predisporre idonea impalcatura; se non fosse possibile porla in opera per la presenza di un piano sottostante non portante o non agibile dovrà predisporre tutte le opportune operazioni per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori.

Solai piani - Previa attenta verifica del sistema costruttivo, verranno rimossi i pavimenti ed i sottofondi, i tavellonati e le voltine. Nel caso non si dovessero rimuovere i travetti sarà cura dell'Appaltatore predisporre idonei tavolati di sostegno per gli operai.

I travetti andranno sfilati dalle sedi originarie evitando di fare leva sulle murature esistenti mediante il puntellamento, la sospensione e il taglio dei travetti. Le solette in cemento armato monolitiche, prive di una visibile orditura principale, dovranno preventivamente essere puntellate in modo da accertare la disposizione dei ferri di armatura.

L'Appaltatore dovrà inoltre evitare la caduta sui piani sottostanti dei materiali rimossi e l'eccessivo accumulo degli stessi sui solai.

Solai a volta - La demolizione delle volte con evidenti dissesti andranno diversificate in relazione alle tecniche costruttive delle stesse, al loro stato di degrado, alla natura del dissesto ed alle condizioni al contorno.

L'Appaltatore sarà sempre tenuto a realizzare puntellamenti e sbadacchiature secondo le indicazioni della D.L. in modo da assicurare la stabilità dei manufatti in adiacenza, oltre che per controbilanciare la mancata spinta esercitata dalla volta da demolire.

In ogni caso la demolizione di volte in mattoni in foglio, a crociera o a vela dovrà iniziare dalla chiave della volta e seguire un andamento a spirale.

La demolizione delle volte ad arco ribassato e a botte andrà invece eseguita per sezioni frontali procedendo dalla chiave verso le imposte.

Art. 4.11.2 - Sostituzioni e collegamenti

Nel caso di sostituzioni, parziali o globali, l'Appaltatore avrà cura di procedere alle eventuali demolizioni secondo le modalità e gli accorgimenti negli Artt. 4.1.1 e 4.9.2 del presente Capitolato. Il collegamento di una nuova struttura ai muri perimetrali, se non stabilito diversamente dalle prescrizioni di progetto o dalle direttive della D.L., verrà effettuato con le seguenti modalità.

Strutture piane ad elementi metallici - Le operazioni si effettueranno secondo le indicazioni di progetto. I collegamenti fra le travi ed i muri perimetrali si potranno realizzare murando direttamente ogni testa della trave realizzando preventivamente idonea piastra di ripartizione. L'Appaltatore dovrà saldare all'ala, nella parte annegata nel conglomerato, degli spezzoni di tondino di acciaio ripiegati ad uncino in grado di contrastare lo sfilamento della putrella. L'alloggiamento della trave da realizzare nella muratura, dovrà avere forma tronco-conica con la base maggiore rivolta verso l'esterno.

Se il muro non sarà in grado di garantire la resistenza a carichi concentrati si potrà realizzare un cordolo di cemento armato ricavato nella muratura sul quale appoggiare le putrelle. In ogni, caso si dovrà prima liberare la struttura da tutti i carichi accidentali e procedere alla messa in opera della puntellatura del solaio che dovrà essere forzata in modo da ridurre al minimo l'effetto del carico sulle travi esistenti.

Strutture piane in legno - Nel caso in cui il collegamento ai muri perimetrali si dovrà realizzare tramite nuovo cordolo in cemento armato l'Appaltatore dovrà demolire porzioni di muratura perimetrale in modo da creare appositi vani a sezione tronco-conica di altezza pari a quella del cordolo per permettere l'inserimento di parti in cemento armate sagomate a coda di rondine funzione di ancoraggio. Le armature degli ancoraggi verranno eseguite, secondo le prescrizioni di progetto, contemporaneamente a quelle del cordolo. L'interasse fra gli ancoraggi potrà variare in relazione alla consistenza del muro, alle dimensioni del solaio ed alle indicazioni di progetto (di norma circa ogni mm 3).

In linea di massima per solai di m 416 si potranno realizzare cordoli di cm 15-20 di base per cm 30 di altezza armati con ferri di mm 14; rete elettrosaldata di mm 150x150 con diametro di mm 4, chiodata e gettata in cappa di cemento con spessore di cm 4-6.

Se prescritto dagli elaborati di progetto, saranno da realizzarsi idonei fori nella muratura in cui inserire le barre d'ancoraggio del cordolo. Tali fori avranno un'inclinazione sempre inferiore ai 45 gradi rispetto al piano trasversale della muratura. Prima dell'inserimento degli ancoraggi saranno riempiti con boiaccia di cemento o resine di sintesi chimica secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto.

Nel caso in cui il cordolo si realizzerà per cantieri, l'armatura verrà posta in opera per tratti e andranno eseguiti getti più corti di almeno cm 30 rispetto alla lunghezza di ciascun vano della muratura. Questa operazione consentirà ai ferri dell'armatura di essere piegati e inseriti nel vano; i ferri dovranno essere di lunghezza tale da poterli sovrapporre a quelli dei cantieri adiacenti. Una volta eseguito il getto si aprirà il cantiere adiacente ed i ferri dell'armatura verranno nuovamente stesi e collegati al tratto successivo. Infine andrà ripristinata la muratura intorno alle teste delle travi, avendo cura di aerarle e/o trattarle secondo le prescrizioni della D.L.

Nel caso in cui non fosse prevista la realizzazione di cordoli si dovranno eseguire nella muratura dei fori passanti sempre di forma tronco-conica, adatti al collegamento con i tiranti a coda di rondine. Questi ultimi dovranno essere fissati ad una estremità della trave tramite idonea chiodatura o bullonatura; l'estremità opposta della trave verrà saldata ad una gabbia di tondini sagomati di forma tronco-conica da alloggiarsi nel foro da riempire con la malta prescritta.

Se espressamente richiesto dalla D.L. o dagli elaborati di progetto, il collegamento dovrà essere realizzato per mezzo di tiranti a piastra, praticando un foro passante in direzione della lunghezza della trave. L'Appaltatore dovrà quindi ricavare nella muratura una nuova sede di forma tronco-conica di dimensioni tali da accogliere la piastra metallica che dovrà poggiare su una base perfettamente spianata, realizzata con getto di malta cementizia. Il tirante di acciaio dovrà avere la forma e le dimensioni definite dagli elaborati di progetto ed essere collegato ad una estremità della trave per una lunghezza non inferiore a cm 80 mediante idonea chiodatura o bullonatura; l'altro estremo dovrà terminare con una sezione piatta in cui si praticherà un'asola di forma idonea in modo da trattenere i cunei tenditori; quest'estremità potrà essere filettata e collegata con un dado di acciaio.

Struttura piana latero-cementizia - Il nuovo collegamento con le murature perimetrali si potrà realizzare tramite la formazione di un cordolo in cemento armato che sarà dimensionato in base alla consistenza dei muri ed alle indicazioni di progetto. Si procederà con il sistema dei cantieri alternati oppure si potrà ricavare nella muratura; il cordolo dovrà essere ancorato a quest'ultima mediante elementi a coda di rondine o spezzoni di ferro piegati e murati. Le armature del cordolo con i relativi ancoraggi saranno inseriti nei vani appositamente ricavati e collegati con le teste delle travi.

Gli elementi di un'eventuale struttura aggiuntiva dovranno essere messi in opera alla quota stabilita con i necessari puntelli.

Nel caso in cui il cordolo verrà inserito solo parzialmente nello spessore del muro, l'Appaltatore dovrà predisporre la cassetta per la parte di cordolo che fuoriesce dal muro.

Art. 4.11.3 - Sostituzione di travi in legno

La integrale sostituzione di travi in legno sarà da effettuarsi solo ed esclusivamente in caso di assoluta inconsistenza fisico-materico-strutturale della trave, ovvero quando non sia possibile farla lavorare in parallelo con nuove travature o nuovi sistemi strutturali in grado di scaricarla parzialmente od integralmente.

L'Appaltatore dovrà preventivamente puntellare i travetti ed il tavolato posato sulle travi con più puntelli da collocarsi parallelamente alle travi.

Sopra ai puntelli in corrispondenza dell'intradosso dei travetti, si dovrà collocare un'architrave sulla quale verranno posti a contrasto i singoli travetti mediante chiodatura di biette in legno.

Nel caso in cui la puntellatura dovesse appoggiare sopra a un solaio non sufficientemente solido, si dovranno posizionare i puntelli in modo da gravare su elementi strutturali sufficientemente resistenti; nel caso in cui, ad insindacabile giudizio della D.L., il solaio sottostante non fosse in grado di offrire sufficienti garanzie di resistenza, sarà necessario scaricare i puntelli sulle murature perimetrali, o prolungarli e sovrapporli sino al solaio del piano inferiore.

L'Appaltatore dovrà altresì impiegare tavole in legno di idonea sezione posizionate alla base dei puntelli per una migliore ripartizione dei carichi.

In ogni caso la trave liberata dalla muratura in corrispondenza degli appoggi, verrà sfilata intera e, solo dietro specifica autorizzazione della D.L. potrà essere tagliata.

La nuova trave dovrà corrispondere come materiale, essenza qualità e dimensioni ai requisiti richiesti dagli elaborati di progetto. Dovrà essere messa in opera, nel caso di trave in legno, ripristinando compiutamente l'equilibrio strutturale preesistente.

La nuova trave dovrà essere nettamente riconoscibile rispetto a quelle lasciate in opera, lavorata a filo di sega e perfettamente stagionata. Si potranno eventualmente impiegare travi in legno lamellare e, in alternativa, travi in acciaio o in legno e acciaio.

Art. 4.11.4 - Sostituzione di elementi laterizi con putrelle in ferro

Fatte salve le generalità di cui al precedente Art. 4.11.1., l'Appaltatore dovrà preventivamente puntellare il solaio e solo successivamente sarà possibile rimuovere il pavimento con il relativo sottofondo e asportare i materiali di riempimento fino a raggiungere l'estradosso del ferro e del laterizio. Verrà in parallelo posto in opera un tavolato di servizio che appoggerà sulle putrelle. Le tecniche, gli accorgimenti e i materiali da impiegarsi nella sostituzione verranno stabiliti dalla D.L. e tutto verrà eseguito sotto la sua sorveglianza.

Di norma l'Appaltatore dovrà porre in opera un tavellonato in laterizio poggiato sull'ala inferiore dei travetti; sopra il tavellonato si dovranno posizionare gli elementi di alleggerimento costituiti da laterizi forati o da altro materiale (blocchi di polistirolo, ecc.).

In corrispondenza dell'ala superiore delle putrelle, preventivamente pulite e sgrassate andrà saldato un tondino di ferro sagomato a zigzag in grado di assicurare una valida coazione fra la struttura metallica ed il getto di calcestruzzo. L'Appaltatore, infine, dovrà far eseguire il getto in calcestruzzo armato, previa abbondante irrorazione con acqua del sottofondo. L'operazione si svolgerà in base alle prescrizioni di progetto e il collegamento verrà assicurato mediante ferri di ripartizione incrociati o rete metallica elettrosaldata.

Art. 4.11.5 - Sostituzione del tavolato esistente

L'operazione si effettuerà solo nel caso in cui il tavolato esistente non fosse più assolutamente in grado di fornire sufficienti garanzie, e fosse eccessivamente marcescente.

L'Appaltatore effettuerà preventivamente tutte quelle opere di puntellatura e/o di rafforzamento degli elementi della struttura in modo da poter effettuare le opere di demolizione e di rimozione secondo le norme contenute nel presente Capitolato. Dovrà utilizzare per la sostituzione del tavolato esistente tavole in legno la cui essenza sarà quella prescritta dagli elaborati di progetto e le cui caratteristiche tecniche saranno conformi a quelle stabilite dall'Art. 2.6 del presente Capitolato.

Le tavole dovranno avere uno spessore non inferiore a cm 4 ed essere rifilate, intestate e collegate alla struttura mediante chiodi o tenoni.

Il tavolato così realizzato, se richiesto, dovrà essere connesso alle murature adiacenti secondo le modalità indicate dall'Art. 4.11.2 del presente Capitolato.

Art. 4.11.6 - Ripasso dei manti di copertura in coppi di laterizio

Manto di copertura - L'Appaltatore dovrà effettuare la ricorso generale del manto di copertura tramite la rimozione dei coppi e, previa verifica sullo stato di consistenza materica, dell'eventuale piccola orditura del tetto. L'accatastamento di tale materiale avverrà entro l'ambito del cantiere, comunque non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio. I coppi subiranno un intervento di pulitura manuale tramite bruschinaggio con spazzole di saggina, la successiva battitura, l'eventuale sostituzione sino al 30-40% in caso di rotture evidenti e/o criccate, con nuovi manufatti di produzione industriale, tra loro identici per forma, materiale e colore, da posizionarsi inferiormente rispetto a quelli recuperati, ottenendo in totale una posa di circa 36-42 coppi al mq. I coppi posti a canale potranno essere incollati al sottostante ed eventuale nuovo supporto coibente mediante spalmatura di collante epossidico, a file alternate, al fine di garantirne l'inamovibilità, in ragione anche dell'azione degli agenti atmosferici. Si potranno altresì utilizzare grappe in rame fermacoppo. In ogni caso bisognerà sempre garantire l'aerazione del sottotetto (superficie di aerazione almeno 1/500 della superficie totale del manto) tramite idonee operazioni che prevedono l'utilizzo di pezzi speciali e/o la realizzazione di apposite fessure tra la linea di gronda ed i canali di raccolta delle acque. Ogni fessura andrà comunque chiusa con apposita rete in acciaio inossidabile, utile ad evitare l'ingresso di volatili nel sottotetto e negli spazi sottocopertura, fissata con viti o apposite chiodature. L'operazione sarà comprensiva della ricostruzione e/o posa in opera di colmi di vertice mediante copponi ed eventuali colmi diagonali con sigillatura degli stessi mediante malta bastarda, nonché della messa in opera di scossaline e/o converse in lastre di rame lungo le adiacenze con la muratura, chiodate e saldate a stagno.

Sarà cura dell'Appaltatore garantire la protezione della copertura con teli impermeabili al termine di ogni giornata di lavoro sino al suo completo recupero.

Alla ricollocazione in falda dei coppi precederà un'attenta verifica ed eventuale rettifica delle pendenze sia del manto di copertura sia degli eventuali canali di gronda.

Orditura e supporto di assito - L'Appaltatore dovrà effettuare il trattamento globale dell'assito e della grossa orditura prima di riposizionare il manto di copertura.

Capriate - Travi, travetti, travicelli, assito e dormienti se eccessivamente degradati, marcescenti e non più in grado di assolvere alla loro funzione verranno sostituiti con nuovi manufatti identici per dimensione ed essenza.

Lavorati a filo di sega - Qualsiasi intervento dovrà essere preventivamente discusso con la D.L. e comunque sempre preceduto da un'attenta operazione di pulitura dei manufatti lignei da recuperare, del sottotetto e dell'estradosso delle volte, utilizzando spazzole di saggina, stracci e scopinetti, nonché dall'utilizzo di aria compressa a bassa pressione e apparecchi di aspirazione tipo bidone aspiratutto. Su tutte le parti lignee si dovrà effettuare un trattamento antifungo e antimuffa mediante applicazione del prodotto adatto. La stesura del prodotto dovrà garantire il deposito e l'assorbimento da parte del legno di almeno cc 350 di prodotto per metro quadro, e sarà preceduta da sgrassaggio con solvente compatibile, per eliminare tracce di unto e/o depositi non già eliminati con precedenti operazioni.

Dietro indicazioni della D.L., a trattamenti avvenuti si potrà procedere alla messa in opera di pannelli semirigidi resinati di poliuretano espanso, per formazione di strato coibente, sopra l'assito esistente per mezzo di armatura di sostegno in listelli di abete fissati all'assito. Spessore cm 3, densità 30 kg/mc, autoestinguente.

Si procederà in seguito alla messa in opera di manto impermeabile a due strati ortogonali di membrana prefabbricata applicata a fiamma, previa spalmatura bituminosa sul piano di posa. Precedente formazione di strato di separazione ottenuto mediante fornitura in opera di strato in feltro di poliestere (gr/mq 200) aut strato di cartalana (gr/mq 450), da applicarsi sullo strato coibente. Il doppio strato impermeabile sarà ottenuto con membrane prefabbricate a bitume plastomero, mm 4 con supporto di poliestere TNT (tessuto non tessuto) da filo continuo, sormonto di almeno cm 10; eventuale utilizzo del secondo strato con finitura ardesiata della superficie esterna.

Proprietà chimiche: comportamento al fuoco non infiammabili, punto di rammollimento 95-150 °C. Proprietà fisiche: densità maggiore di 4 kg/mq. Proprietà meccaniche: resistenza a trazione longitudinale di circa 90 da N/5cm kg/5cm, trasversale di circa di 80 da N/5cm; allungamento a rottura longitudinale e trasversale del 45% circa. Giunti orizzontali: applicazione a fiamma e spalmatura a caldo di bitume ossidato. Eventuale formazione di giunti particolari da eseguirsi a Regola d'Arte: giunti di dilatazione, protezione lungo i raccordi, collegamenti con manufatti accessori. Normativa di riferimento: Capitolato Speciale di Appalto, norme UNI per i bitumi e le guaine 8202.

Supporto in tavellonato - Andranno accuratamente verificate le tavelle in cotto pulite con spazzole di saggina, stracci, scopinetti, bidone aspiratutto ed eventualmente acqua deionizzata. Revisione e ristilatura dei giunti di malta utilizzando malta di calce. Revisione dei raccordi e delle pendenze; eventuale utilizzo di argilla espansa idrorepellente per uniformare le pendenze non potendo lavorare sulle strutture portanti. Si potrà in seguito procedere come per le coperture con supporto in assito, tramite il posizionamento di manto coibente e/o di manto impermeabile a due strati di membrana prefabbricata bitume plastomero (caratteristiche identiche alle precedenti).

Sottocoperture impermeabili - Dietro specifiche indicazioni della D.L. in caso di supporto di strutture di copertura in listelli di legno o in assito da non sostituire o sostituire parzialmente, previo trattamento dei legni, si potranno posizionare lastre impermeabili utili a garantire una seconda protezione e ad evitare l'eventuale scivolamento dei manufatti del manto di copertura.

Si potranno pertanto impiegare lastre sottocoppo in fibrocemento, in resina rinforzata, in polipropilene e cemento, in laminato di poliestere rinforzato, in vetroresina, lastre ondulate bitume verniciate. Le lastre dovranno ovviamente garantire la completa impermeabilizzazione, facilità di posa e di assemblaggio.

Sottocoperture termoisolanti - Nel caso in cui si preveda il completo ripasso del sistema di copertura ed il rifacimento del supporto del manto (sostituzione completa di listelli o assito), onde migliorare le condizioni termoigrometriche dei locali sottotetto, si potrà prevedere l'inserimento sotto tegola di sistemi ad elementi termoisolanti. Saranno da privilegiare sistemi che garantiscono opportuna ventilazione, perché questa permette di evitare il ristagno di umidità dovuta alla porosità dei prodotti, alla condensazione, alle eventuali infiltrazioni. Per garantire una corretta ventilazione è necessaria una superficie di aerazione (entrata più uscita) di almeno 1/500 della superficie totale della copertura.

Materiali e tipologie

Si potranno impiegare prodotti isolanti e/o impermeabilizzanti in rotoli, pannelli o pannelli sandwich, essenzialmente composti da polistirene espanso estruso, schiume di poliuretano a cellule chiuse, sughero. I materiali artificiali impiegati dovranno essere prodotti con procedimenti liberi da cloro-fluoro-carburi e totalmente riciclabili.

- schiume poliuretaniche: in pannelli semplici protetti da pellicola impermeabile traspirante, membrane bitume-polimero, elastomeri bituminosi; in pannelli composti protetti superiormente da una lamina di alluminio goffrata sulla quale un correntino metallico provvede al vincolo di tenuta per le tegole (il correntino potrà essere forato per garantire la ventilazione sotto tegola);
- sughero naturale compresso: materiale ecologico fornito in pannelli dentati appositamente sagomati per il supporto dei manufatti di copertura e per fornire idonea ventilazione.
- polistirene espanso: a cellule chiuse, fornito in pannelli battentati o in rotoli a doghe, normalmente accoppiato con strato impermeabilizzante antiurto in polistirene ad alta densità, con membrana bitume-polimero. Il polistirene viene accoppiato anche con compensato multistrato per ottenere pannelli isolanti sandwich o con pannelli di fibre di abete mineralizzato rivestite di cemento Portland.

I pannelli sandwich devono avere superfici compatte, omogenee, planari, altamente resistenti, sia ai carichi esterni sia alle diverse condizioni ambientali, agevolmente lavorabili e di facile posa. Gli adesivi, oltre ad assicurare la tenuta tra i vari elementi, devono resistere agli sbalzi termici ed avere elevata elasticità. L'insero centrale in polistirene deve garantire ottima impermeabilità all'acqua, bassa conducibilità termica, leggerezza, buona capacità di isolamento termico ed eventualmente acustico. Gli elementi di collegamento, le vernici, gli impregnanti devono garantire buona resistenza meccanica, impermeabilità. L'insero potrà anche essere in espanso di PVC (spessore inferiore), sughero sia ricomposto sia espanso (materiale fonoassorbente e naturale). I pannelli potranno essere:

- in multistrato, in pino marittimo (a sfogliati incrociati -- 5-7 -- perpendicolarmente, di spessore da mm 7 a 10), idrorepellenti e ignoritardanti; l'incollaggio è fenolico, le facce a vista possono essere prive di nodi, con nodi sani o scanalate;
- in particelle della stessa specie legnosa (abete, pioppo, faggio), impiegabili quando il pannello non ha funzioni portanti, impermeabili, con incollaggio a base di resine ureiche o melamminiche.

Messa in opera

La posa dei pannelli avverrà normalmente a secco sui listelli dell'orditura; in alcuni casi la listellatura può essere posata sopra i pannelli stessi. L'ancoraggio deve essere garantito tramite l'impiego di chiodi metallici, viti o tasselli ad espansione; le giunzioni dovranno essere a perfetta tenuta nell'eventualità di rottura o scivolamento dell'elemento di copertura. Dovrà inoltre essere garantita la sigillatura delle fessure tra i pannelli accostati.

Valutazione del rischio di rilascio di fibre

Con l'entrata in vigore della L. 27 marzo 1992, n. 257 vengono messi al bando tutti i prodotti contenenti amianto, secondo un programma di dismissione per il quale non sono state ammesse deroghe e il cui termine ultimo è scaduto nell'aprile 1994. Il D.M. 6 settembre 1994 concerne normative e metodologie tecniche per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica di materiali contenenti amianto presenti nelle strutture edilizie ed in particolare fornisce indicazioni specifiche per le coperture in AC. L'Appaltatore, nell'esecuzione dei lavori, dovrà sempre riferirsi alla normativa vigente in materia e alle disposizioni specificate nel piano della sicurezza e di coordinamento per l'esecuzione dei lavori (D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 494).

Nelle coperture in amianto il rilascio di fibre riguarda quasi esclusivamente il lato esposto all'azione degli agenti atmosferici comportando una dispersione delle fibre nell'ambiente immediatamente circostante. Lo stato di degrado della copertura potrà essere valutato visivamente rilevando alcuni parametri indispensabili per determinare il rilascio di fibre dal materiale e la loro dispersione. I principali parametri da rilevare attraverso l'ispezione visiva saranno:

a) Indicatori delle condizioni della copertura

- friabilità del materiale: la matrice si sgretola facilmente dando luogo a liberazione di fibre;
- condizioni della superficie: evidenza di crepe, fratture, sfaldamenti e rotture;
- integrità della matrice: evidenza di aree di corrosione della matrice con affioramento delle fibre di amianto;
- trattamenti protettivi della superficie della copertura: verniciatura, incapsulamento, ecc.
- sviluppo di muffe e/o licheni sulla superficie.

b) Indicatori di dispersione di fibre

- presenza di materiale polverulento in corrispondenza di scoli d'acqua e nella gronda;
- scolo delle acque piovane non canalizzate, in particolare scarico libero delle stesse acque su superfici pavimentate;
- presenza di materiale polverulento bloccato in stallati in prossimità dei punti di gocciolamento;
- possibilità di aerodispersione diretta verso l'interno dell'edificio (per esempio copertura in AC vicino a finestre).

Le valutazioni definitive dovranno in ogni caso sempre fare riferimento alle norme UNI 10469-10608 (determinazione delle polveri e delle fibre, degrado superficiale).

Metodi di bonifica

I metodi di bonifica delle coperture in AC potranno essere eseguite tramite operazioni di:

- a) rimozione;
- b) incapsulamento;
- c) sovracopertura.

Rimozione - La rimozione comporterà lo smantellamento della copertura in AC, che sarà sostituita con un nuovo materiale con il vantaggio di eliminare ogni fonte di rischio e lo svantaggio di provocare una forte immissione di fibre nell'ambiente circostante. Le operazioni di rimozione, pertanto, dovranno essere eseguite salvaguardando l'integrità del materiale in tutte le fasi dell'intervento: smontaggio delle lastre, calo a terra, impilamento, trasporto. Occorrerà, prima di procedere allo smontaggio delle lastre (L. 27 marzo 1992), trattarle preliminarmente con soluzioni pellicolanti a base vinil-acrilica in grado di incapsulare le fibre di amianto impedendone la dispersione in atmosfera. Si procederà alla rimozione meccanica-manuale dei gruppi di fissaggio (ganci, viti, chiodi) avendo cura di non danneggiare le lastre. Saranno da evitarsi operazioni di taglio e foratura tramite seghetti, mole o flessibili ad alta velocità. Si passerà quindi allo smontaggio delle lastre che andranno rimosse con cautela, evitando pericoli di caduta e rottura. I materiali dopo lo smontaggio non dovranno essere in alcun modo frantumati, dovranno altresì essere calati al piano di campagna mediante idonei mezzi di sollevamento. Le lastre smontate saranno accatastate e pallettizzate previa loro bagnatura da entrambi i lati come previsto dal D.M. 6 settembre 1994. Questo accorgimento si renderà opportuno quando l'impilamento avverrà a terra. Sarà preferibile impilare le lastre direttamente in quota. A terra si dovrà predisporre un'apposita area di stoccaggio. Le lastre, prima di essere allontanate dal cantiere per essere scaricate presso le discariche autorizzate, andranno imballate e rivestite con teli di plastica sigillati ed etichettati. Durante tutte le lavorazioni descritte, gli operatori dovranno indossare adatti mezzi di protezione delle vie respiratorie, indumenti a perdere e idonei dispositivi individuali anticaduta. La posa del nuovo manto di copertura avverrà previa verifica dei piani di posa ed inserimento di adatto materiale coibente.

Il nuovo manto di copertura potrà essere realizzato in lastre di alluminio, in polimetilmetacrilato, in fibrocemento, in vetroresina, in rame, in zinco e acciaio; impiegando pannelli sandwich di materiali compositi.

Incapsulamento - I requisiti prestazionali minimi dei rivestimenti incapsulati sono regolamentati dall'allegato II del D.M. 20 agosto 1999 e delle norme UNI 10686-87. L'incapsulamento consisterà nel trattamento della superficie esposta della copertura con prodotti in grado di inglobare le fibre di amianto e di agganciarle alla matrice cementizia impedendo o riducendo il rilascio delle fibre. Il metodo ha il vantaggio di non dar luogo alla produzione di rifiuti e di non richiedere una copertura sostitutiva. Di contro, tutte le operazioni successive di manutenzione dovranno essere

eseguite con la massima cautela ed idonee precauzioni. I prodotti incapsulanti potranno essere impregnanti o ricoprenti. I primi agiranno con un meccanismo di saturazione dello strato superficiale legando le fibre tra di loro e alla matrice, i secondi formeranno un rivestimento, protettivo e continuo sufficientemente spesso e compatto, sulla superficie del manufatto.

Indipendentemente dalla scelta del tipo di impregnante, l'intervento prevede una pulizia preliminare della superficie della copertura in amianto con getti d'acqua ad alta pressione, nonché eventuale successiva spazzolatura di finitura con spazzola metallica e irrigando con acqua. La sabbiatura e i metodi di pulitura a secco non saranno ammessi in quanto provocano un'elevata emissione di fibre nell'ambiente. Le acque di lavaggio dovranno essere raccolte nei canali di gronda per essere successivamente filtrate prima della dispersione nell'ambiente. Nel caso non esistessero canali di gronda verrà utilizzato un sistema mobile di raccolta delle acque posizionato di volta in volta in corrispondenza della zona di copertura che verrà pulita. La successiva operazione di applicazione dell'incapsulante dovrà essere eseguita a rullo o con pompe airless al fine di ridurre la liberazione di fibre causata dall'impatto del prodotto sulla superficie delle lastre. Gli operatori dovranno essere dotati di mezzi di protezione delle vie respiratorie, di indumenti protettivi a perdere e idonei dispositivi individuali anticaduta. La nuova copertura potrà essere realizzata in lastre di alluminio, in polimetilmetacrilato, in fibrocemento, in vetroresina, in rame, in zinco e acciaio; impiegando pannelli sandwich di materiali compositi.

Sopracopertura - La sopracopertura consisterà nel realizzare una nuova copertura al di sopra di quella in amianto. Questa operazione dovrà essere eseguita con estrema cautela al fine di evitare danni alla copertura in amianto. Inizialmente si procederà ad irrorare la superficie della copertura con soluzione pellicolante mediante pompe a bassa pressione per evitare la dispersione di fibre nell'ambiente. L'eventuale smontaggio di lastre particolarmente rovinate dovrà avvenire rimuovendo i vecchi gruppi di fissaggio senza danneggiare le lastre stesse. Per montare la nuova copertura sarà necessario realizzare una nuova orditura secondaria in listelli di legno fissata direttamente all'arcarecciatura sottostante con viti autoperforanti, in modo che i carichi previsti insistano solo sulla struttura portante. Gli operatori dovranno essere dotati di mezzi di protezione delle vie respiratorie, di indumenti protettivi a perdere e idonei dispositivi individuali anticaduta.

Per migliorare il comfort termico degli ambienti sottostanti si potrà interporre un materiale isolante tra vecchia e nuova copertura.

La nuova copertura sarà appoggiata ai listelli in legno e successivamente a questi fissata. Potrà essere realizzata in lastre di alluminio, in polimetilmetacrilato, in fibrocemento, in vetroresina, in rame, in zinco e acciaio; impiegando pannelli sandwich di materiali compositi.

Art. 4.12 - Consolidamento di lastre da rivestimento

Art. 4.12.1 - Generalità

A causa delle molteplici modalità di applicazione dei singoli rivestimenti (per i quali si sono nel tempo utilizzati materiali lapidei di varia natura) con caratteristiche costruttive e materiali diversificati, caratterizzate da una grande quantità di situazioni differenziate molto spesso legate alle tecniche della messa in opera originale, sarà sempre indispensabile, a cura dell'Appaltatore, predisporre una accurata campagna di diagnosi.

La messa in sicurezza dei rivestimenti lapidei risulta dipendere da molteplici variabili (aggravate da diverse patologie di degrado e da interventi manutentivi eseguiti in maniera poco opportuna) delle quali, nella maggior parte dei casi, assolutamente non è dato sapere. Sarà quindi sempre utile compiere studi preliminari piuttosto approfonditi sul materiale, sul supporto e sul tipo di tecnica utilizzata per la messa in opera del manufatto prima di procedere ad un qualsiasi intervento manutentivo o conservativo che potrebbe, se mal effettuato, andare a peggiorare la situazione.

Tramite attenta analisi è infatti possibile rilevare uno o più errori eseguiti nel passato che hanno contribuito a creare o ad aggravare la situazione patologica in atto:

- errori di progettazione ed esecuzione del rivestimento lapideo all'epoca di costruzione dell'immobile;
- errori in interventi manutentivi eseguiti nel corso degli anni;
- errori di progettazione ed esecuzione dell'intervento più recente di messa in sicurezza;
- errori di progettazione ed esecuzione di attività manutentive complementari alla messa in sicurezza del rivestimento.

Art. 4.12.2 - Identificazione delle cause determinanti le patologie

Errori di progettazione ed esecuzione del rivestimento lapideo all'epoca della costruzione - I rivestimenti lapidei moderni, che in genere più necessitano di interventi di messa in sicurezza, possono essere fatti risalire a due momenti della storia recente:

- ai primi decenni del nostro secolo, sono quindi legati ad un processo travolgente ed innovativo nei riguardi di nuove tecniche e modalità costruttive;
- al periodo di espansione economica dell'ultimo dopoguerra, segnato da una intensa attività produttiva, non sempre di buona qualità, nel settore dell'edilizia.

Gli errori di progettazione ed esecuzione sono pertanto essenzialmente derivati dalla sperimentazione di nuove tecniche, dalla loro non sufficiente conoscenza, spesso dall'esigenza di massimo contenimento dei costi.

In parecchi casi la causa del dissesto del rivestimento lapideo è l'assenza di punti di appoggio a varie quote, che permettono di assorbire frazionatamente il peso delle lastre. Il paramento è praticamente incollato alla muratura di supporto, ma la sollecitazione delle lastre diventa insostenibile con il passare del tempo, a causa della perdita progressiva di aderenza del rivestimento alla struttura.

In altri casi le strutture di sostegno utilizzate sono in ferro, materiale che con il passare del tempo subisce fenomeni di forte ossidazione e corrosione producendo sul rivestimento lapideo un duplice effetto negativo: la ovvia perdita del sostegno che non sarà più in grado di reggerlo e la generazione di sforzi di trazione, dovuti al maggior peso specifico degli ossidi e idrati di ferro.

Ancora sarà facile rilevare l'assenza di adeguate sigillature tra le lastre se non addirittura di adeguati giunti di dilatazione.

L'acqua piovana non incontrando ostacoli di sorta riuscirà facilmente ad infiltrarsi alimentando la corrosione delle strutture di sostegno, erodendo la malta di allettamento, innescando tutta una serie di patologie (creazione di muschi, cristallizzazione dei sali, cicli di gelo e disgelo ecc.) sicuramente dannose al paramento. Così come dannosa risulterà la mancanza di adeguati giunti di dilatazione che rappresentano un punto critico della struttura, in quanto la loro assenza o inefficienza può determinare sollecitazioni insostenibili indotte dalle variazioni di temperatura.

Errori nell'esecuzione di interventi manutentivi - Interventi di manutenzione o di messa in sicurezza eseguiti senza le dovute conoscenze e cautele sono spesso causa di ulteriori e più gravi fenomeni patologici che vanno ad interessare il materiale, ma nella maggior parte dei casi il suo supporto ed aggancio con la muratura. Risulta pertanto indispensabile una approfondita conoscenza del manufatto ed in special modo dei suoi sistemi di ancoraggio, siano essi originali o di recente inserimento, valutandone le caratteristiche e gli eventuali effetti negativi a danno della struttura.

Raramente gli ancoraggi preesistenti si presentano efficienti e ben conservati, in tal caso possono essere ovviamente considerati affidabili ed integrabili in un valido sistema di messa in sicurezza. Al contrario si possono rilevare ancoraggi assolutamente inefficienti, ormai inutili, magari non dannosi in quanto realizzati con materiali stabili e posizionati in modo da non disturbare la struttura, nel qual caso potranno essere lasciati in opera.

Più frequentemente è possibile riscontrare gravi fenomeni di degrado degli ancoraggi, certamente causa di un fattore attivo di disturbo per la struttura. Ci si trova così di fronte a tasselli in ferro fortemente ossidati e quindi molto aumentati di volume; a volte ad un numero elevato di tasselli causa di vincoli eccessivi per la struttura che può trovarsi in situazioni di tensione insopportabili. In questi casi risulterà opportuno procedere alla loro eliminazione, progettando un nuovo e più idoneo sistema di ancoraggio.

Art. 4.12.3 - Interventi di messa in sicurezza

Un intervento di ripristino di manufatti appesi se mal eseguito potrebbe col tempo causare gravi danni a cose e persone; risulta pertanto evidente quanto puntuali e precisi debbano essere il progetto e la scelta del sistema di intervento. Sarà quindi indispensabile effettuare (a cura dell'Appaltatore dietro indicazioni della D.L.) un'attenta ed accurata campagna diagnostica volta a conoscere in maniera esaustiva il manufatto oggetto di intervento, i materiali che lo compongono, la loro consistenza fisico-materica, le tecniche costruttive e di ancoraggio, le patologie in atto, le lesioni esistenti, le eventuali cause indirette di degrado, non sottovalutando mai la possibilità di consistenza di situazioni diversificate nell'ambito dello stesso paramento. Solo dopo avere acquisito tutta una serie di informazioni irrinunciabili si potrà procedere con l'intervento che prenderà forma occupandosi in prima analisi dei materiali che si andranno ad utilizzare. Dovranno chiaramente possedere caratteristiche meccaniche, di resistenza fisico-chimica e di durabilità adeguate, mantenendo il più possibile nel tempo le prestazioni richieste:

- gli elementi metallici devono essere inossidabili e certificati;
- le eventuali resine da impiegarsi dovranno possedere caratteristiche fisico-chimiche adeguate alla situazione specifica: viscosità, tixotropia, modulo elastico, tempo di reticolazione;
- le eventuali guarnizioni dovranno possedere doti di indeformabilità ed elasticità che si protraggano il più possibile nel tempo.

Errori nella scelta dei materiali possono impedire di ottenere il sistema di ancoraggio desiderato, o minarne l'efficacia nel tempo. Le dimensioni degli ancoraggi dovranno quindi essere stabilite in accordo con la D.L. in base ai materiali impiegati ed ai carichi applicati, carichi non sempre esclusivamente relativi al solo peso delle lastre, ma anche alla eventuale malta di allettamento retrostante che potrebbe essersi staccata dalla muratura e gravare sul rivestimento. Si dovranno altresì tenere presenti importanti accorgimenti:

- ogni lastra si dovrà sostenere da sola, il rivestimento dovrà infatti essere appeso appoggiato alle lastre sottostanti che, a livelli inferiori, verrebbero a trovarsi gravate da un peso non prevedibile o sostenibile;
- si dovranno considerare adeguati coefficienti di sicurezza per tener conto dell'effetto combinato di forze, quali la depressione causata dal vento, l'attività sismica, le vibrazioni generate dal traffico di superficie o sotterraneo ecc.;
- si dovranno calibrare in modo adeguato gli ancoraggi soddisfacendo contrapposte esigenze: realizzare tasselli di dimensioni sufficientemente contenute ed allo stesso tempo applicare alla struttura il minor numero possibile di vincoli. Il nuovo sistema di ancoraggio non dovrà infatti ostacolare i movimenti naturali delle lastre, dovrà essere

dotato di opportune guarnizioni che non contrastino i dinamismi generati dalle vicende termoigrometriche, evitando una concentrazione eccessiva di sforzi;

- il serraggio dei tasselli dovrà essere eseguito nei tempi ed ai valori di carico previsti;
- saranno da utilizzarsi apparecchiature a sola rotazione (carotatrici) per l'esecuzione dei fori, allo scopo di evitare che le sollecitazioni meccaniche impartite da mezzi a rotopercolazione danneggino ulteriormente il rivestimento, estendendo le situazioni di distacco o generando nuove lesioni;
- la chiusura dei fori dovrà essere eseguita adottando materiali stabili che evitino cavillature e infiltrazioni;
- l'eventuale iniezione di resine dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature che garantiscano una corretta applicazione e distribuzione del materiale.

Sarà comunque sempre opportuno effettuare controlli sistematici in corso d'opera con l'eventuale ausilio di endoscopie, in quanto potrebbero passare inosservate particolari situazioni costruttive differenti da quelle rilevate nel corso della campagna di indagini preliminari.

Art. 4.12.4 - Manutenzione periodica

Attività manutentive inopportune possono chiaramente avere riflessi più o meno consistenti sull'efficacia e sulla durabilità degli interventi di messa in sicurezza. Tutte le operazioni eseguite nel tempo devono essere considerate come parte di un unico sistema di manutenzione; evitando di effettuare operazioni incompatibili con altre già eseguite. Saranno comunque certamente da evitare:

- trattamenti di pulitura distruttivi (sabbatura indiscriminata) o corrosivi (errato utilizzo di trattamenti a base chimica) che possono avere conseguenze negative per la conservazione degli ancoraggi e delle sigillature;
- trattamenti di protezione pellicolanti e non traspiranti che, a lungo andare, possono danneggiare la struttura della pietra;
- al contrario, interventi protettivi corretti per il materiale impiegato, ma insufficienti per la quantità di prodotto applicato o per l'eccessivo tempo trascorso tra un trattamento e quello successivo;
- l'utilizzo di materiali non corretti e non durevoli per l'esecuzione della sigillatura delle lastre, incapaci di impedire infiltrazioni alle spalle del rivestimento lapideo.

Art. 4.13 - Consolidamento e conservazione di strutture e manufatti in legno

Art. 4.13.1 - Generalità

Prima di procedere a qualsiasi opera di consolidamento di strutture lignee, l'Appaltatore dovrà eseguire le seguenti lavorazioni:

- pulizia accurata dell'elemento da consolidare che si effettuerà secondo le modalità prescritte dalla D.L. (pulitura manuale con stracci e scopinetti, aria compressa, bidone aspiratutto, evitando puliture troppo aggressive che comportino esportazione di materiale);
- accertamento delle cause del degrado della struttura;
- verifica dello stato di degrado del manufatto, identificazione precisa del quadro patologico;
- analisi dettagliata delle parti da asportare e/o da ripristinare;
- puntellamento della struttura che grava sugli elementi da consolidare mediante il riversamento dei carichi sulle parti sane o su murature o elementi adiacenti;
- trattamento antiruggine ed antincendio degli elementi metallici di rinforzo.

Art. 4.13.2 - Ripristino di struttura in legno mediante la ricostruzione della parte degradata

Questo tipo di intervento sarà da effettuarsi in casi particolari, quando non si possa assolutamente intervenire con altri sistemi atti a garantire la sopravvivenza del manufatto oggetto di intervento, ovvero utilizzando nuovi elementi strutturali in grado di scaricare parzialmente o integralmente (lavorando in parallelo e/o in modo collaborante con gli stessi) il manufatto dal carico proprio o che sostiene.

Sarà sempre opportuno verificare lo stato di consistenza fisico-materica del manufatto, così pure la sua effettiva efficienza statica, prima di effettuare qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante.

Si cercherà sempre primariamente di intervenire con metodi leggeri che impieghino il legno in prima istanza, utilizzando le tradizionali tecniche di sostituzione tramite incalzi della stessa essenza, o con nuove strutture di supporto quali mensole, puntoni e saette opportunamente incastrati, reggiati e/o chiodati alle travi esistenti. Specifiche indicazioni a proposito saranno fornite all'Appaltatore da specifici elaborati di progetto e dalla D.L.

In casi particolari dietro specifica richiesta della D.L. si potranno ricostruire parti in legno mediante conglomerati di resina e protesi costituite da barre di acciaio o di resina poliestere rinforzata con fibre di vetro; la sezione e la distribuzione delle barre saranno quelle prescritte dagli elaborati di progetto od ordinate dalla D.L.

Previa puntellatura della struttura, l'Appaltatore dovrà provvedere alla rimozione, nelle zone al contorno, parti di pavimentazioni, del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto, dei travetti di ripartizione e di parti della muratura che ammorsano la struttura. Dietro indicazioni della D.L. dovrà rimuovere le parti di legno eccessivamente marcescenti. Se espressamente richiesto, dovrà rimanere inalterata la sfoglia esterna del legno in modo da non creare danni ad eventuali zone pregevoli decorate e/o intarsiate e per non interrompere il disegno delle fibre.

Si dovranno successivamente praticare nel legno sano dei fori aventi la profondità e l'inclinazione prescritte dagli elaborati di progetto. Le barre, inserite negli appositi distanziatori e ben centrate, andranno applicate all'interno dei fori preventivamente puliti da ogni residuo di perforazione tramite aspirazione e/o insufflaggio.

La parte di legno eccessivamente degradata e rimossa dovrà essere reintegrata con materiali dalle caratteristiche tecniche il più possibile simili a quelle del legno sano.

Si potranno utilizzare, solo dietro specifica autorizzazione della D.L., betoncini di resina il cui inerte sarà costituito da un composto ben amalgamato di trucioli di legno e farina, di canne e altre sostanze vegetali secche, assolutamente monde da impurità e compatibili con le resine.

Le casseforme lignee, il cui utilizzo e le cui dimensioni dovranno essere quelli prescritti dal progetto o richiesti dalla D.L., verranno trattate intimamente con idonee sostanze disarmanti.

Il getto del betoncino si eseguirà conformemente alle indicazioni fornite dalla ditta produttrice e/o alle norme relative al confezionamento delle resine sintetiche contenute nell'Art. 4.6.5 del presente Capitolato.

L'Appaltatore, se richiesto, dovrà iniettare contemporaneamente al getto paste fluide di resina o di altri composti analoghi.

Le casseforme andranno rimosse solo a presa avvenuta e la puntellatura potrà essere dismessa solo dopo la maturazione delle sostanze leganti.

Art. 4.13.3 - Consolidamento di travi mediante rinforzo con elementi metallici

Se la trave dovesse risultare ammalorata superiormente in linea di massima potranno essere sufficienti i posizionamenti di incalzi in legno della stessa essenza opportunamente dimensionati. Per travi ammalorate inferiormente si dovrà prioritariamente verificare la rottura delle fibre tese esterne, per constatare l'eventuale innesto di meccanismi di rottura irreversibili.

Il consolidamento di una struttura lignea mediante l'utilizzo di elementi metallici di rinforzo (piastre, mensole, regge, bulloni, fazzoletti) potrà essere effettuato solo quando non sarà realizzabile nessun altro tipo di sistema o quando gli elementi risulteranno ricoperti da controsoffitti. La realizzazione degli elementi metallici dovrà essere conforme alle indicazioni di progetto, previa autorizzazione specifica della D.L. in seguito alle verifiche (statiche e materiche) prioritariamente effettuate sul manufatto.

Gli elementi metallici dovranno essere preventivamente puliti, sgrassati, trattati con idonee sostanze antiruggine e forati in modo da permettere il collegamento con la trave.

Art. 4.13.4 - Consolidamento di travi mediante profili metallici posti all'estradosso

Operazioni di tipo estradosso su travi lignee saranno in linea di massima da evitarsi, prediligendo interventi all'intradosso come specificato nei successivi articoli. Nel caso in cui si dovessero necessariamente eseguire lavori di consolidamento all'estradosso l'Appaltatore, dopo aver rimosso la pavimentazione ed il massetto di sottofondo, potrà eseguire i trattamenti preliminari previsti collocando in corrispondenza dell'estradosso delle travi, dei profilati metallici dalle dimensioni stabilite dagli elaborati di progetto.

Realizzerà, quindi, i collegamenti fra la trave in legno e quella in ferro mediante apposite staffe metalliche, preventivamente pulite, sgrassate e trattate con sostanze antiruggine, aventi passo e dimensione prescritti dagli elaborati di progetto.

Le staffe dovranno essere tirate in modo da trasmettere uniformemente il carico del solaio e della trave in legno sulle putrelle metalliche.

Art. 4.13.5 - Consolidamento di travi mediante profili metallici posti all'intradosso

Fatte salve le prescrizioni di cui alle generalità, sarà possibile realizzare l'intervento esclusivamente su strutture lignee prive di pitturazioni, decori, intarsi o su travi nascoste da controsoffitti di cui si possano sostituire gli elementi.

L'Appaltatore dopo aver ricavato nella muratura gli alloggiamenti adatti alle teste dei profilati metallici di rinforzo, potrà collocare all'intradosso della struttura due putrelle dalle dimensioni indicate dagli elaborati di progetto in aderenza ai lati delle travi previo trattamento protettivo del legno e del ferro.

In seguito si effettuerà il collegamento fra le putrelle e la trave tramite cravatte metalliche aventi il passo e la sezione stabiliti dagli elaborati di progetto. Nel caso in cui le putrelle ed i travetti della struttura non dovessero risultare ovunque in aderenza dovranno essere predisposti ringrossi e spessori mediante biette di legno. La putrella potrà anche essere collocata direttamente sotto la trave lignea sempre secondo le indicazioni di progetto e della D.L. e le condizioni statiche di travi e solai. Potranno inoltre essere poste in opera putrelle rompi tratta disposte ortogonalmente alla trave lignea.

Art. 4.13.6 - Consolidamento di travi mediante centinatura

Si realizzerà centinatura di travi inflesse onde aumentarne la resistenza a trazione. Il consolidamento potrà avvenire oltre che con tirantature intradosso o con cavi di acciaio inseriti obliquamente dall'intradosso alle estremità delle travi e correnti in scanalature appositamente ricavate all'intradosso, tramite la realizzazione di tirantature con bracci distanziatori. L'utilizzo di uno dei due bracci distanziatori accoppiati concorre ad aumentare la distanza tra i punti di applicazione alle testate e quelli della parte mediana della trave. Il sistema, oltre ad essere minimamente invasivo in quanto non sono necessarie scanalature, risulta facilmente installabile ed evita pertanto smontaggi o dismissioni delle travi già in opera. Si potranno impiegare materiali in acciaio (con evidenti problemi di manutenzione) o in acciaio inox (AISI 304, AISI 314). La centinatura sarà composta da cerchiature e tiranti. Le cerchiature dovranno essere di minimo

ingombro per ridurre gli inevitabili fenomeni di condensa e per non nascondere il legno all'ispezione diretta. A parziale risoluzione del problema si potranno utilizzare opportuni distanziatori in legno o altro materiale da inserire fra travi e cerchiature. Le cerchiature andranno fissate alla trave con appositi perni in acciaio (anche inox), legno, alluminio, onde evitare il loro scivolamento; dovranno inoltre essere dotate di sistemi di regolazione della tensione (viti, bulloni e distanziatori). In particolari condizioni si potranno applicare alle travi testate metalliche munite di dispositivi di ancoraggio e di regolazione dei tiranti.

Le cerchiature esterne andranno posizionate all'estremità della trave onde permettere il miglior esercizio alla tirantatura senza effetti secondari. I ganci e i fermi per i tiranti si dovranno posizionare in sommità.

Le cerchiature intermedie, con eventuale alidada di prolungamento, saranno da posizionarsi ad un quarto della luce della trave se doppie; al centro se uniche. Nei distanziatori centrali saranno da prevedersi pulegge e/o meccanismi di scorrimento dei cavi dei tiranti, onde ridurre i rischi di instabilità laterale dell'eventuale alidada.

Per le tirantature si potranno impiegare manufatti tondi, piatti o cavi (possibilmente inguainati) in acciaio (anche inox) ad alto limite elastico, dotati di dispositivi tenditori.

Art. 4.13.7 - Controventatura, consolidamento di struttura piana mediante tiranti e cravatte posti all'introdozzo o all'estradozzo

Andranno effettuate preventivamente globali verifiche statiche di solai e murature secondo le disposizioni della D.L.

In ogni caso qualsiasi lavoro di controventatura e d'irrigidimento di una struttura piana dovrà essere preceduto dall'individuazione delle diagonali della struttura e dall'esecuzione di perforazioni di dimensioni in grado di permettere l'alloggiamento dei tiranti.

I piani d'appoggio dall'andamento normale alla direttrice delle diagonali dovranno essere predisposti in corrispondenza dei fori d'uscita e spianati con malta cementizia per poter consentire la successiva collocazione delle piastre di ancoraggio.

L'Appaltatore eseguirà il fissaggio dei tiranti alla piastra metallica secondo le indicazioni della D.L. mediante cunei o dadi.

Nel caso in cui si impiegheranno i cunei la parte terminale del tirante dovrà avere una sezione piatta in cui si praticherà un'asola. Utilizzando i dadi, il tirante avrà termine con una sezione tonda alla quale verrà applicata la piastra di ancoraggio forata preventivamente.

I tiranti saranno pretesi e collegati rispettivamente ad ogni trave della struttura a mezzo di cravatte metalliche ripiegate ad U e chiodate. Se previsto dagli elaborati di progetto si potranno effettuare tiranti metallici a coda di rondine di collegamento ai muri perimetrali. Si eseguirà un foro di forma tronco-conica nel muro, la successiva posa in opera di un tirante in acciaio collegato, ad un estremo, alla trave mediante chiodatura o bullonatura, e all'altro estremo, da una gabbia di tondino di forma tronco-conica da alloggiare nel foro.

Si potrà infine consolidare la struttura tramite inserimento di conci in legno forati con successivo tiro di frecce protette (post-tensione), in modo da realizzare una trave trasversale. La treccia tesa dovrà essere bloccata sulle teste mediante apposita piastra; i conci finali appoggeranno contro il muro nel quale andrà effettuato uno scasso sino all'esterno, almeno da un lato.

Le dimensioni degli elementi metallici saranno quelle stabilite dagli elaborati di progetto.

Infine, i lavori si concluderanno con la risarcitura dei fori della muratura con malta cementizia.

Art. 4.13.8 - Consolidamento di struttura piana mediante l'utilizzo di sezioni miste

Quando i solai in legno non sono più in grado di garantire la portata minima di esercizio, e non sono utilizzabili sistemi di consolidamento ed irrigidimento degli stessi lavorando all'intradozzo, si dovrà ricorrere all'impiego di tecniche a sezione mista (legno, acciaio, calcestruzzo). Obiettivo principale, oltre a quello di irrigidire ed aumentare la portata del solaio, sarà realizzare la connessione legno calcestruzzo in modo tale che la sezione mista, in fase di esercizio, si comporti omogeneamente. La connessione non deve avere scorrimenti, i due materiali devono agire solidalmente.

Le connessioni che garantiscono continuità legno calcestruzzo potranno essere puntiformi o continue, fissate a secco o con collanti, con il carico sempre ripartito da rete elettrosaldata.

Si effettuerà la rimozione dell'intonaco delle murature perimetrali, della pavimentazione e del sottofondo fino al rinvenimento dell'assito della struttura. Prima di effettuare il consolidamento, previo trattamento dei manufatti lignei (applicazione di olio di lino, impregnanti antifungo antimuffa), sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla sigillatura (da eseguire con i materiali ritenuti più idonei dalla D.L.) delle cavità e delle zone dove si potrebbero verificare infiltrazioni pericolose per l'integrità delle superfici di particolare valore artistico presenti all'intradozzo. Si potranno inoltre posizionare materiali isolanti, e teli impermeabili e traspiranti. Prima della collocazione di rete elettrosaldata, dei connettori e del getto in cls, potrà richiedersi l'inserimento nei setti murari di barre filettate tramite carotature oblique annegate in resina epossidica. Le barre (dimensionate e cadenzate secondo indicazioni di progetto) andranno ripiegate sulla rete stessa in modo da garantire continuità tra solaio e murature perimetrali.

Connessione puntiforme

L'armatura metallica di rinforzo, della maglia e del diametro prescritti dagli elaborati di progetto dovrà essere collegata alla sottostante struttura lignea mediante chiodi appositamente forgiati, staffe, viti, tirafondi, connettori ad aderenza migliorata. I connettori si posizioneranno in modo puntiforme e verranno fissati a secco o annegati in resina. Si eseguirà il getto di conglomerato cementizio avente i requisiti richiesti dagli elaborati di progetto applicandolo a fasce di spessore omogeneo.

Connessione continua

Prima di collocare la rete elettrosaldata prevista a progetto si potrà ulteriormente irrigidire il solaio tramite l'innesto nelle travi di un traliccio metallico, fissato con malte epossidiche, dimensionato come dagli elaborati di progetto (diam. mm 12, h. cm 15). La collocazione dei tralicci avverrà previa fresatura delle travi delle dimensioni di circa mm 14x60.

Si potranno, in alternativa, utilizzare tralicci fissati a secco con viti mordenti sull'estradosso delle travi. Nello spazio libero fra i tralicci potranno essere posati pannelli in materiale isolante, con funzione di alleggerimento della soletta in calcestruzzo e di isolamento termoacustico.

Art. 4.13.9 - Irrigidimento di struttura piana mediante sovrapposizione di un nuovo tavolato

Questo tipo di intervento è volto ad aumentare l'inerzia della struttura contenendo la freccia elastica realizzando in pratica delle travi a T.

L'Appaltatore, rimossa l'eventuale pavimentazione con il relativo sottofondo, eseguirà un accurato controllo dello stato di conservazione del tavolato preesistente integrando le parti deteriorate e chiodando quelle distaccate, previa accurata pulitura di tutto l'assito tramite impiego di aria compressa, stracci, scopinetti, bidone aspiratutto e trattamento finale con doppia mano di olio di lino cotto.

Sarà quindi collocato il nuovo tavolato dello spessore non inferiore ai cm 3, eventualmente ammorsato a maschi e femmina, che sarà livellato e chiodato ortogonalmente a quello sottostante, mediante apposite linguette, tenoni o chiodi ad aderenza migliorata.

Potranno essere utilizzati anche pannelli multistrato o in compensato marino.

L'Appaltatore, demolito l'intonaco corrispondente alla sezione di contatto, dovrà ammorsare il tavolato ai muri perimetrali interponendovi cunei di legno duro o altri dispositivi ritenuti idonei dalla D.L.

Art. 4.13.10 - Impregnazioni consolidanti

L'operazione di impregnazione (consolidante) avrà lo scopo di introdurre nel legno degradato una sostanza legante che, penetrando in profondità, conferisca un aumento delle caratteristiche meccaniche del legno. Due sono i parametri che sarà necessario valutare in funzione del tipo di consolidamento: la metodologia applicativa e la natura del prodotto usato.

La penetrazione del consolidante dovrà interessare gli strati più interni del legno, in modo tale che il miglioramento delle caratteristiche meccaniche e di resistenza degli attacchi chimico-biologici, coinvolga l'intera sezione lignea.

I sistemi di consolidamento ammessi potranno essere a base di resine acriliche in adatto solvente; eccezionalmente si potranno usare resine e cere naturali od olio di lino cotto. I sistemi da preferirsi saranno comunque a base di resine epossidiche o poliuretaniche a basso peso molecolare e con una viscosità intrinseca di 250 cPs., sciolte in solvente polare fino all'ottenimento di viscosità inferiore a 10 cPs.

I metodi di applicazione del materiale consolidante si baseranno in linea di massima sulla sua capacità di penetrazione per assorbimento capillare, previa una serie di misure di laboratorio tali da verificare la capacità di assorbimento del legno da trattare. A tale scopo, i metodi consentiti per l'impregnazione, sono i seguenti.

Applicazione a pennello - Dopo aver accuratamente pulito e/o neutralizzato la superficie da trattare (con il solvente) si applicherà la soluzione di resina a pennello morbido fino a rifiuto. Il trattamento di impregnazione andrà iniziato con resina in soluzione particolarmente diluita (superiore a quanto richiesto dallo standard) e si aumenterà via via la concentrazione fino ad effettuare le ultime passate con una concentrazione superiore allo standard.

Applicazione a spruzzo - Dopo avere accuratamente pulito e/o neutralizzato con solvente la superficie da impregnare si applicherà la soluzione a spruzzo fino a rifiuto.

Applicazione mediante appositi iniettori - Si introdurranno nel legno da impregnare degli appositi iniettori con orifizio variabile (2/4,5 mm). L'iniettore conficcato in profondità nel legno permetterà la diffusione del prodotto impregnante nelle zone più profonde. Il prodotto consolidante sarà introdotto con l'aiuto di apposita apparecchiatura che sappia portare la resina in pressione, il cui valore sarà stabilito di volta in volta in ragione del tipo di consolidamento da effettuare. L'apparecchiatura sarà sostanzialmente costituita da un gruppo compressore completo di una adatta pistola che permetta di soffiare la resina negli iniettori precedentemente conficcati nel legno. Il numero delle iniezioni di resina e la distanza fra queste, nonché la loro disposizione radiale, saranno in funzione del tipo di consolidamento che si vuole ottenere. Dopo l'estrazione dell'iniettore sarà necessario ricostruire la continuità della superficie lignea mediante l'introduzione di microtappi o stuccature con resina epossidica caricata con segatura dello stesso legno.

L'impregnazione dovrà garantire un netto miglioramento delle caratteristiche meccaniche, in particolare l'intervento con resine poliuretaniche dovrà portare il valore di resistenza alla compressione, ad almeno 2,5 volte il valore originario.

Sarà comunque necessario che il trattamento di consolidamento del legno soddisfi i seguenti requisiti: dovrà essere ripristinata la continuità delle fibre legnose sia a livello intercellulare sia a livello microscopico; dovrà essere garantita la reversibilità del trattamento in modo da non pregiudicare un successivo intervento migliorativo; dovrà essere consentita una buona traspirabilità, per permettere migrazioni di vapor d'acqua senza creare sollecitazioni meccaniche e/o fenomeni di polmonazione; dovranno essere mantenute le cromie evitando che il legno assuma colorazioni e/o brillanzze non desiderate; il materiale consolidante dovrà avere caratteristiche di elasticità compatibili con le proprietà fisiche del legno, in particolare il valore del modulo elastico della resina dovrà essere dello stesso ordine di grandezza di quello del legno da consolidare; sarà inoltre necessario garantire che il solvente non evapori prima che la resina abbia polimerizzato e/o raggiunto gli strati più profondi. In tal senso si richiederà che siano approntati in cantiere, tutti quegli accorgimenti atti ad impedire la migrazione del solvente (e conseguentemente della resina) verso le parti più esterne. Sarà pertanto necessario che in cantiere vengano predisposte opportune protezioni, tali da garantire che l'eventuale polimerizzazione e/o diffusione avvenga in presenza di sufficiente quantità di solvente.

Art. 4.13.11 - Stuccature, iniezioni, protezione superficiale

Stuccature - Saranno effettuate con resine epossidiche opportunamente caricate (polvere di segatura, fillers) per interventi di particolare impegno e/o di notevole estensione sarà richiesto l'uso di adatte armature con barre di vetroresina.

Gli eventuali incollaggi e/o ancoraggi dovranno essere effettuati con resina epossidica pura. La resina utilizzata dovrà dare garanzia di adesività e di forte potere collante tra le parti, che comunque dovranno essere preventivamente preparate prima dell'operazione. La resina epossidica caricata per l'operazione di stuccatura dovrà essere compatibile con il legno e quindi avere una elasticità tale da sopportare variazioni dimensionali dovute agli sbalzi termici e modulo elastico analogo a quello del legno.

Iniezioni - Qualora fosse necessaria ai fini del consolidamento l'iniezione di eventuali formulati bisognerà tenere presente che il legno è più permeabile lungo le venature, pertanto si praticheranno nel legno ammalorato fori disposti in modo obliquo o coincidente rispetto alla direzione delle fibre, in ragione della capacità di penetrazione della resina. Si inietterà resina epossidica a basso modulo elastico (massimo 30.000 kg/cm²) aspettando il suo completo assorbimento prima di operazioni successive e cercando di evitare la formazione di bolle d'aria.

Protettivi - I protettivi ammessi dovranno possedere una serie di proprietà analoghe a quanto già visto per i consolidanti e comunque più restrittive in quanto prodotti a vista. Dovranno essere reversibili, non ingiallire, essere compatibili con le caratteristiche fisiche del legno consolidato, quindi presentare una corretta elasticità e modulo elastico, facilità di manutenzione, non degradare sotto l'azione combinata dei raggi UV, degli agenti atmosferici del microclima locale.

Saranno di vario tipo e verranno impiegati in base alla tipologia, esposizione ed esercizio del manufatto da proteggere. Saranno da evitare applicazioni di forti spessori di prodotto. Si potranno impiegare vernici a base di resine naturali (vernici a spirito o lacche all'alcool), vernici alla copale (soluzioni della resina in essenza di trementina, eventualmente addizionate con piccole quantità di olio essiccato), vernici a base di resine sintetiche monocomponenti (le cosiddette flatting a base di oleo-resine) che possono essere trasparenti o pigmentate (queste ultime risultano più resistenti). Si potranno utilizzare in alternativa prodotti impregnanti non pellicolanti. Gli impregnanti sono normalmente a base di oli o resine in solvente miscelati con adatti biocidi, sono applicabili a pennello, a rullo o per immersione, hanno un'ottima resistenza e penetrazione, consentono inoltre una facile manutenzione.

Ancora si potranno impiegare, in special modo su superfici piuttosto degradate e non esposte agli agenti atmosferici, materiali naturali quali olio di lino o cere naturali (normalmente cera d'api in soluzione al 40% in toluene).

Art. 4.13.12 - Trattamento di disinfestazione del legno

La difesa del legno da microrganismi e insetti di varia natura che lo attaccano alterandolo, richiederà interventi a vari livelli: l'eliminazione delle sostanze alterabili contenute nel legno, ovvero la difesa dello stesso con insetticidi che oltre a precludere la vita a microrganismi, funghi e insetti possono anche impedire, se oleosi, l'assorbimento non voluto di acqua dall'ambiente. All'eliminazione delle sostanze alterabili si può pervenire con il metodo della vaporizzazione, all'antisepsi con diversi procedimenti e prodotti.

I trattamenti antisettici del legname e le sostanze adatte ad una corretta disinfestazione dovranno in linea di massima, seguire in tutto o in parte (ma senza pregiudicare il risultato finale), le seguenti fasi:

- il biocida dovrà colpire direttamente le larve e le crisalidi in modo da ucciderle;
- tutte le zone con superfici esposte dovranno essere trattate con insetticida e con biocidi fluidi ad alta penetrazione per creare una zona impregnata di veleno, attraverso la quale dovrà passare l'insetto xilofago per uscire in superficie;
- il trattamento superficiale dovrà lasciare uno strato di insetticida sulla superficie e in tutte le fessure del legno; gli insetti dannosi provenienti da altre zone saranno eliminati entrando in contatto con la zona trattata, le uova

depositate in superficie si atrofizzeranno e/o saranno distrutte, mentre le larve che stanno nascendo moriranno prima di penetrare nel legno;

- tutti i legni che hanno subito un attacco in profondità deteriorando l'essenza dovranno essere sottoposti un intervento di consolidamento in conformità a quanto precedentemente esposto.

L'intervento di disinfestazione dovrà essere tale da eliminare gli agenti biologici negativi esistenti e prevenire eventuali infestazioni future.

Per i trattamenti curativi sarà necessario scegliere il periodo di maggiore attività dell'insetto e quello in cui si trova più vicino alla superficie, cioè il tempo che precede la ninfosi e il periodo di sfarfallamento: primavera e/o inizio estate.

Il preservante andrà applicato a spruzzo o a pennello, ripetendo il trattamento 2-3 volte consecutive per permettere all'insetto di penetrare nel legno il più profondamente possibile. Sarà bene evitare l'uso di prodotti in soluzione acquosa in quanto la capacità di penetrazione dipende dall'umidità del legno.

Qualora si prevedesse l'impiego di tali insetticidi (presentando il vantaggio di essere inodori) sarà indispensabile bagnare abbondantemente il legno con acqua prima di ogni applicazione.

Gli insetticidi sciolti in solvente organico saranno da preferirsi in quanto possiedono una maggiore capacità di penetrazione nel legno secco e attraverso un processo di diffusione capillare sanno distribuirsi nei tessuti legnosi, diffusamente e profondamente. Sarà necessario porre la massima attenzione ad eventuali effetti negativi causati dall'odore penetrante e sgradevole che alcune volte questi insetticidi emanano.

Gli insetticidi consentiti dovranno essere sperimentati con successo dal Centro Nazionale del Legno di Firenze, soddisfare a criteri di atossicità, stabilità alla luce e ai raggi UV nonché non produrre alterazioni cromatiche.

I prodotti utilizzabili per l'operazione di disinfestazione potranno essere:

Disinfestazione del capricorno delle case e dall'*hesperophanes cineres* - Sarà consentito l'uso di curativi solubili in acqua solo in particolari condizioni; questi saranno a base di soluzioni di miscele, di fluoruro di sodio dinitrofenolo e bicromati, poliborati di sodio.

In linea di massima potranno essere utilizzati prodotti a base di naftalina clorurata, pentaclorofenolo, tetraclorofenolo, paradichlorobenzolo, esaclorocicloesano, ossido tributilico di stagno.

Funghi - Il trattamento antimicotico prevederà l'uso di prodotti particolarmente efficaci anche contro gli insetti; si tratterà in generale di prodotti a base di fluoruri, composti di cromo ed arsenico, pentaclorofenolo ecc. Poiché è raro che un fungo abbia capacità di sviluppo con umidità inferiore al 22% e comunque valori di umidità del 12-14% escludono in modo assoluto qualsiasi pericolo, bisognerà, in ogni caso, che l'intervento complessivo sulla fabbrica garantisca che le strutture lignee in nessun momento successivo possano riassumere valori di umidità tali da permettere attacchi. Dopo aver effettuato l'intervento che garantisca l'eliminazione e/o la prevenzione da un anomalo livello di umidità, il legno infestato potrà essere eliminato ovvero bruciato, le fessure nella muratura penetrate dal fungo dovranno essere trattate col calore di adatto strumento; le precedenti operazioni andranno eseguite con la massima accuratezza e delicatezza e dovranno comunque essere evitati danni ai manufatti e/o materiali adiacenti. Potrebbe risultare necessario effettuare un intervento radicale mediante iniezioni di biocida sia nel legno sia negli intonaci circostanti.

A tal proposito saranno usati iniettori del tipo già descritto per le impregnazioni con resina. In generale le sostanze antisettiche preferibili in quanto ad alto potere biocida e comunque non troppo evidenti dopo l'applicazione saranno:

- derivati dal catrame, quali il creosoto (olio di catrame), il carbolineum (olio pesante di catrame clorurato), lo xilamon (naftalina clorurata), emulsioni di creosoto in soluzioni alcaline o addizionate a composti ammoniacali di rame o zinco, i fenoli (dinitrofenolo, dinitrocresolo, penta e tetraclorofenolo, paradichlorobenzolo);
- composti degli alogeni, fluoruro di sodio e di potassio, fluorosilicato di magnesio e di zinco ecc. I composti di fluoro saranno particolarmente adatti nella lotta contro i funghi;
- derivati del boro (borace, tetraborato di sodio).

Potrebbe comunque essere utile l'uso di appropriate miscele dei predetti per ottenere un miglioramento complessivo delle proprietà biocide.

Saranno preferite miscele a base di composti di fluoro ovvero miscele di dinitrofenolo con fluoruro di sodio (proporzione 11:89) con aggiunta o meno di arsenico; miscele di fluoruri con sali arsenicati di sodio; miscele di arsenati e bicromati; naftolo in soluzione alcolica.

L'efficacia del procedimento di disinfestazione sarà comunque condizionata dalla sua accuratezza e soprattutto dalla reale estensione di tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere là dove la superficie è stata alterata per incastri, tratti di sega, buchi per chiodi; sarà indispensabile porre la massima attenzione affinché il trattamento coinvolga completamente i precedenti punti. In questi casi sarà comunque necessario agire nel seguente modo: si inserirà tra due superfici di contatto oppure sulle sezioni di testa una pasta al 50% da sale biocida (per esempio utilizzando una miscela composta da fluoruri e sali arsenicati di sodio) e 50% d'acqua (il fabbisogno sarà kg 0,75 di pasta per metro quadro di superficie) e si ripasseranno infine tutte le connessioni e/o sezioni di testa con la medesima soluzione salina.

L'operazione dovrà essere seguita dopo 2 anni da un intervento a spruzzo con gli stessi sali, intervento che andrà ripetuto dopo 5 anni dal primo.

Art. 4.13.13 - Trattamento di ignifugazione

Per la difesa del legno dal fuoco sarà necessario porre in essere un procedimento di applicazione di adatta sostanza o miscela che sappia comunque garantire l'efficacia. Le sostanze applicate potranno esplicare la loro azione di difesa dal fuoco in uno dei seguenti modi:

- trattando il legno con sostanze che ad alta temperatura formano uno strato protettivo non rigido (borati, fosfati, acetati ecc.) ovvero poroso e schiumoso (sostanze organiche quali colla, amido, amminoresine ecc.);
- creando con l'alta temperatura attorno al legno un'atmosfera inibitrice della combustione, applicando preventivamente sali svolgenti col calore gas inerti (biossido di carbonio, gas ammoniacali, azoto, ecc.) che vietano l'accesso dell'ossigeno verso il legno;
- trattando il legno con sostanze saline che per effetto dell'alta temperatura fondono, creando così uno strato vetroso a protezione del legno stesso e comunque con la funzione di opporre uno scudo all'ossigeno;
- causando nel legno, mediante appositi trattamenti, delle modificazioni nei costituenti delle pareti cellulari atte ad impedire la combustione.

Sarà necessario che le sostanze ignifuganti non svolgano in caso di incendio gas venefici per l'uomo, che assolutamente non corrodano eventuali parti metalliche e abbiano contemporaneamente una buona efficacia biocida.

I prodotti utilizzabili per una corretta ignifugazione potranno essere a base di silicati di sodio o di potassio miscelati a talco (80:20), caolino (80:20), da applicarsi a pennello in 3 spalmature, fosfato biammonico, fosfato biammonico e acido borico, fosfato monoammonico, fosfato monoammonico e borace, solfato di ammonio, solfato di ammonio e fosfato biammonico, carbonato di potassio, acetato di sodio, cloruro di calcio e di magnesio, cloruro di magnesio e fosfato biammonico, acido borico e borace.

Per diminuire la fluidità dei preparati, depositando quindi quantità di sostanza ignifuga, e aumentare l'efficacia del trattamento sarà necessario aggiungere ai formulati precedenti e/o miscele dei predetti, per esempio alginato di sodio e/o metilcellulosa, borato di zinco, carbonato basico di piombo e olio di lino crudo con essenza di trementina e olio essiccativo.

Art. 4.14 - Consolidamento e conservazione di strutture e manufatti in metallo

Art. 4.14.1 - Generalità

Prima di mettere in atto qualsiasi intervento di consolidamento di strutture in ferro, l'Appaltatore dovrà effettuare tutte quelle operazioni atte alla realizzazione dell'opera in regime di massima sicurezza, tra le quali il puntellamento dell'intera struttura interessata o, ad esclusiva discrezione della D.L., solo delle zone in cui si andrà a realizzare il consolidamento. Andranno quindi effettuate la demolizione e la rimozione manuale delle zone limitrofe ai lavori al fine di scoprire le ali e le anime delle putrelle. Si opererà quindi la pulitura al metallo bianco delle putrelle con mola a smeriglio o con i sistemi indicati dalla D.L. al fine di eliminare qualsiasi residuo di malta e/o di ruggine e la successiva sgrassatura.

A questo punto si potrà effettuare la sostituzione parziale e totale degli elementi di alleggerimento ed il miglioramento del sistema di ancoraggio delle putrelle ai muri, come richiesto e specificato dagli elaborati di progetto.

Art. 4.14.2 - Consolidamento estradossale di struttura piana con staffatura delle travi

L'Appaltatore, rimossi i pavimenti ed il sottofondo fino al rinvenimento dell'ala della putrella e dell'estradosso del piano del laterizio, dovrà demolire, in presenza di volterrane o pignatte, il diaframma delle celle contigue al ferro per tutta la sua lunghezza. Si rinforzeranno in seguito le putrelle mediante il fissaggio di staffe (legate e saldate ai bordi dell'ala) che, posizionate lungo l'intera lunghezza della trave (o almeno di un terzo della luce da entrambe le parti), dovranno avere l'interesse (15-20 cm) e l'inclinazione (45 gradi sull'orizzonte) prescritti dagli elaborati di progetto od ordinata dalla D.L.

Eseguirà, infine, dopo aver irrorato con acqua il piano laterizio, un getto di calcestruzzo in modo da ricoprire uniformemente l'ala superiore delle travi.

Art. 4.14.3 - Consolidamento intradossale di struttura piana con nuovo sistema di travi in ferro

Sarà fatto obbligo all'Appaltatore, in caso di consolidamento di strutture ad orditura semplice, collocare in opera travi rompi tratta posizionandole ortogonalmente rispetto a quelle esistenti. Nel caso di consolidamento di strutture a doppia orditura si dovrà accoppiare al sistema primario uno secondario, lungo la direzione delle travi esistenti.

In entrambi i sistemi, il collegamento fra gli elementi metallici sarà realizzato interponendo un'idonea piastra di ripartizione e saldando le travi fra di loro.

I profili, le sezioni, gli interessi ed i sistemi di collegamento delle teste delle travi alla muratura saranno quelli stabiliti dagli elaborati di progetto.

Art. 4.14.4 - Consolidamento estradossale di struttura piana mediante realizzazione di cappa in cemento armato

Eseguite le rimozioni e le demolizioni prescritte secondo le indicazioni della D.L., l'Appaltatore dovrà saldare alle putrelle dei tondini di ferro distanziandoli fra loro di circa cm 10-15 o dei tondini sagomati a zigzag in modo da realizzare un'efficace coazione fra le travi preesistenti e la cappa armata.

Dovrà in seguito sovrapporre al piano della struttura un'armatura incrociata e predisporre il prescritto numero di collegamenti ai muri perimetrali. Tale armatura dovrà avere la sezione e la maglia prescritte dagli elaborati di progetto o stabilite dalla D.L.

Il getto di calcestruzzo verrà eseguito e distribuito in modo uniforme solo dopo abbondante irrorazione con acqua dell'estradosso.

Art. 4.14.5 - Opere di conservazione: generalità

È opportuno sottolineare il fatto che prima di operare qualsiasi intervento conservativo sui manufatti in metallo andranno verificate le effettive necessità di tale operazione. In primo luogo saranno da identificare le cause del degrado, diretto o al contorno, oltre ad effettuare piccole indagini diagnostiche utili a determinare le tecniche di lavorazione e la morfologia del materiale (analisi metallografica, osservazione al microscopio). Successivamente saranno da valutarsi attentamente le eventuali operazioni di pulitura e di preparazione delle superfici interessate dal degrado, vagliati e selezionati i prodotti da impiegarsi. Un buon intervento conservativo non implica infatti sempre e comunque la completa asportazione dei fenomeni di ossidazione presenti, di vecchi protettivi e pitturazioni, potendo procedere, in alcuni casi, a semplici operazioni di pulitura e protezione superficiale o di sovrappittura.

Se una pulitura radicale dovrà essere eseguita, sarà condotta solo dove effettivamente necessario, con prodotti o sistemi debolmente aggressivi, prediligendo sistemi ad azione lenta, ripetendo eventualmente l'operazione più volte.

Art. 4.14.5.1 - Conservazione del rivestimento organico

Manufatti in ferro - Intervendo su manufatti con il rivestimento organico ancora in gran parte sufficientemente protettivo, il trattamento superficiale si effettuerà rimuovendo la ruggine in modo completo dalle parti corrose oppure togliendo solo le parti incoerenti.

Nel primo caso, a seconda dell'estensione della zona da trattare, si potrà agire mediante spazzolatura o sabbiatura. Sarà poi da riattivare lo strato di vernice già esistente tramite l'impiego di carte abrasive o con leggera sabbiatura per rimuovere lo strato esterno aggredito dagli agenti atmosferici. Nelle zone riportate al metallo bianco si applicherà un primer passivante o un primer a base di polvere di zinco in veicolo organico e con legante compatibile con il tipo di vernice già preesistente sulla struttura; quindi una o due mani intermedie. L'intervento di finitura prevede l'applicazione su tutto il manufatto di prodotto compatibile con la verniciatura preesistente e con i cicli conservativi realizzati.

Nel caso in cui si preveda un'asportazione grossolana della ruggine si eseguirà la protezione utilizzando primer convertitori o stabilizzatori di ruggine a base di soluzioni di acido fosforico o soluzioni di tannini con o senza acido fosforico. Applicati a pennello, trasformano la ruggine in composti stabili (fosfato o tannato di ferro). Bisognerà porre particolare attenzione all'applicazione di tali prodotti che devono impiegarsi nelle giuste quantità, né in eccesso (possibilità di rigonfiamento delle successive mani di vernice) né in difetto (parziale blocco del processo di ossidazione che può continuare sotto le mani di vernice). Nel caso di ridipintura si eseguirà l'applicazione di due mani di fondo utilizzando prodotti in veicolo organico e legante alchidico con pigmento a base di ossidi rossi di piombo, due mani di finitura sempre a base alchidica pigmentate con ossido di ferro micaceo per un totale di circa 200-300 micron di spessore.

In alternativa, volendo ottenere un aspetto meno omogeneo, si potrà effettuare un trattamento finale con prodotto oleofenolico, la successiva applicazione di primer acrilico poliuretanico, la stesura finale di vernice acrilica bicomponente opaca trasparente.

Manufatti zincati e verniciati - La manutenzione sarà rivolta a ripristinare lo strato di vernice distaccatosi dal substrato di zinco. Andrà prevista una pulitura ad umido con spazzole o con getti di vapore con acqua calda e il 5-10% di soda caustica. In alternativa si potrà operare una leggera sabbiatura che elimini i soli prodotti di corrosione dello zinco (ruggine bianca) ed al massimo 2-5 micron di zinco metallico.

Si applicheranno successivamente primer passivanti contenenti zinco cromato, stronzio cromato o piombo silicocromato in soluzioni al 5-10%. Seguiranno cicli di pitturazione con vernici poliviniliche o polivinilideniche, acriliche, metacriliche, epossidiche.

Nel caso di aggressione profonda che metta in luce zone di acciaio sottostante aggredite da ruggine rossa, andranno effettuate operazioni di pulitura meccanica atte ad eliminarne completamente la presenza sino al metallo bianco. Si opererà quindi zincatura localizzata mediante spruzzatura di zinco fuso oppure applicazione di primer zincante a base di polvere di zinco metallico. La pulitura generale di tutta la superficie con successiva verniciatura garantirà lunga durata al rivestimento.

Manufatti in bronzo - Andranno in prima istanza identificate le cause del degrado presente effettuando indagini diagnostiche preliminari e di verifica durante i lavori. Si eseguiranno indagini metallografiche onde individuare le tecniche di lavorazione e la morfologia del materiale, osservazioni in situ con l'impiego di microscopio per acquisire informazioni sulla morfologia patogena. Seguiranno interventi di pulitura (con acqua, meccanica, chimica, fisica), consolidamento e protezione.

Pulitura

Con acqua - Si procederà ad una prima pulitura generale effettuando lavaggi con acqua deionizzata da eseguirsi a pennello, con nebulizzazione o per immersione. Durante l'operazione andranno svolte analisi di verifica sull'effettivo abbattimento dei sali solubili. L'operazione verrà supportata da spazzolatura con spazzole morbide utile a rimuovere eventuali depositi superficiali non compatti. Il lavaggio verrà impiegato anche dopo puliture eseguite con agenti chimici. Seguiranno interventi di disidratazione per immersione o applicazione di solventi.

Meccanica - Si potrà effettuare manualmente utilizzando spazzole, bisturi, microtrapani, piccoli attrezzi metallici, o impiegando apparecchiature a basso impatto quali vibroincisori, microaeroabrasivo a bassa pressione (utilizzando come inerti ossido di alluminio o microsfele di vetro), apparecchi ad ultrasuoni.

Chimica - La pulitura chimica con sostanze complessanti risulta efficace quando si devono eliminare concrezioni calcaree o depositi di particolato atmosferico, quando sono da evitare puliture meccaniche, operare puliture selettive per la rimozione di alcuni prodotti di corrosione (carbonati di rame). Sarà sempre preceduta da piccoli campioni di prova onde valutare l'efficacia della pulitura ed i tempi di applicazione. Per l'eliminazione delle croste nere si possono applicare impacchi a base di EDTA bisodico in acqua distillata in grado di eliminare particolato ferroso e di calcio. Le croste verranno successivamente rimosse meccanicamente anche con l'impiego di bisturi. Agli impacchi seguiranno abbondanti risciacqui con acqua deionizzata.

Fisica - Tra le più recenti tecniche di pulitura si potrà impiegare quella che utilizza apparecchi laser ad impulso. Regolandone i principali parametri (potenza media, frequenza e densità d'energia) è possibile ottenere buoni risultati, rispettando inoltre la patina naturale dei manufatti ed eventuali precedenti trattamenti (vedi le caratteristiche degli apparecchi laser all'Art. 4.2.2. - Sistemi di pulitura).

Trattamenti inibitori di corrosione e consolidanti

Andrà impiegato un composto chimico di tipo organico (benzotriazolo al 5% in alcool) utile a formare composti stabili sulla superficie sensibili e, però, all'ambiente acido. A fine trattamento andranno eseguiti trattamenti di protezione superficiale tramite applicazione a pennello di resine acriliche in soluzione, di resine acriliche e benzotriazolo, di cere microcristalline applicate a pennello.

Art. 4.14.6 - Rimozione del rivestimento organico e nuova protezione

Nel caso di manufatti fortemente ossidati si dovranno effettuare operazioni atte ad eliminare completamente ogni residuo di ruggine. Sostanza igroscopica e porosa, la ruggine viene facilmente contaminata dalle sostanze corrosive (anidride solforosa, cloruri, etc.) accelerando così fortemente il processo corrosivo in atto. I sistemi protettivi da utilizzare dovranno essere scelti in relazione alla natura dell'aggressione che potrebbe essere esercitata, ovvero dell'ambiente nel quale è immerso il manufatto in ferro. La natura dell'aggressione potrà essere: chimica, (acidi, alcali, sali, solventi ecc.) termica, atmosferica (umidità, pioggia, neve, raggi solari ecc.), meccanica (abrasioni, urti, vibrazioni ecc.). In effetti, poiché tali azioni aggressive potranno anche essere combinate tra loro, la scelta del rivestimento dovrà essere in funzione della peggiore situazione che può presentarsi. Una efficace protezione anticorrosiva dovrà comprendere tutte le seguenti operazioni, e comunque solo dietro indicazioni della D.L. potrà essere variata in qualche fase:

- preparazione ed eventuale condizionamento della superficie;
- impiego dei mezzi e delle tecniche più appropriate di stesura;
- scelta dei rivestimenti protettivi più idonei e loro controllo.

Metodo per la preparazione ed eventuale condizionamento delle superfici

La superficie metallica che riceverà il film di pittura protettiva dovrà essere stata resa idonea ad offrire le massime possibilità di ancoraggio. Occorrerà pertanto ripulire la superficie da tutto ciò che è estraneo alla sua natura metallica, in quanto sia gli ossidi sia i sali e la ruggine pregiudicano ogni efficace sistema protettivo. I metodi ammessi per la preparazione delle superfici d'acciaio su cui andrà applicato il rivestimento protettivo sono i seguenti: pulizia manuale, pulizia meccanica, sabbiatura. Per l'eliminazione di sostanze estranee e dannose come olio, grasso, sudiciume ed altre contaminazioni della superficie dell'acciaio si potrà fare uso di solventi, emulsioni e composti detergenti. La pulizia con solventi andrà effettuata prima dell'applicazione delle pitture protettive ed eventualmente insieme ad altri sistemi di preparazione delle superfici dell'acciaio.

Pulizia manuale - La pulizia manuale sarà utilizzata quando si riferisca a un lavoro accurato e basato sulla sensibilità operativa di maestranze specializzate, oppure per quei punti non accessibili agli utensili meccanici. Prima di iniziare la pulizia manuale bisognerà esaminare la superficie per valutare la presenza di olio, grasso o altri contaminanti solubili. In tal caso la pulizia con solventi adatti precederà ed eventualmente seguirà quella manuale.

Gli utensili necessari per la pulizia manuale saranno costituiti da spazzole metalliche, raschietti, scalpelli, martelli per la picchiatura, tela smeriglio e carta vetrata, oppure utensili speciali sagomati in modo da poter penetrare negli interstizi da pulire. Le spazzole metalliche potranno essere di qualsiasi forma e dimensione mentre le loro setole saranno di filo di acciaio armonico. I raschietti dovranno essere di acciaio temperato e mantenuti sempre acuminati

per garantire l'efficienza. L'attrezzatura ausiliaria comprenderà spazzole per polvere, scope, raschietti convenzionali nonché il corredo protettivo per l'operatore. Le scaglie di ruggine verranno asportate mediante impatto calibrato con il martello da asporto, la ruggine in fase di distacco sarà viceversa asportata mediante un'adeguata combinazione delle operazioni di raschiatura e spazzolatura. La pulizia manuale di superfici pitturate (anche parzialmente) dovrà prevedere l'asportazione di tutta la pulitura in fase di distacco, oltre a qualsiasi formazione di ruggine e di incrostazioni.

A lavoro ultimato, la superficie dovrà essere spazzolata, spolverata e soffiata con aria compressa per togliere tutti i depositi di materiale staccato, quindi sgrassata. L'applicazione della pittura di fondo dovrà avvenire nel più breve tempo possibile con pitture di fondo con buone caratteristiche di bagnabilità, come quelle il cui veicolo sia olio di lino puro.

Pulizia meccanica - La pulizia meccanica comporta una superficie di solito più pulita di quella ottenuta con la pulizia manuale, tuttavia sarà necessario porre la massima cautela per evitare di interessare zone non volute di metallo. Le apparecchiature più adatte alla pulizia meccanica sono spazzole metalliche rotanti e utensili rotanti ad impatto, mentre sarà sconsigliabile l'uso di mole abrasive perché giudicato troppo violento.

Spazzole metalliche rotanti - I fili della spazzola dovranno possedere sufficiente rigidità per asportare le scaglie di ruggine staccate, le vecchie pitture, i depositi di sporcizia. La scelta della forma (a coppa o a disco) e del tipo di filo sarà basata sulle condizioni della superficie da pulire. Per la pulizia degli angoli si useranno speciali spazzole a fasce radiali usate anche per pulire efficacemente attorno alle teste dei chiodi ed alle superfici molto irregolari. Non bisognerà comunque fare uso di velocità troppo elevate come pure sarà necessario che la spazzola non venga tenuta sullo stesso punto per lungo tempo, in quanto potrebbero verificarsi bruciature superficiali che danno alla superficie un aspetto vetroso e levigato che offre un ancoraggio molto scarso alla pittura protettiva. Prima di iniziare la pulizia meccanica con spazzole sarà necessario esaminare se sulla superficie via siano depositi di olio, grasso o altri contaminanti solubili, nel qual caso la pulizia meccanica andrà preceduta da un robusto intervento con solventi.

Utensili rotanti ad impatto - Potranno essere utilizzati anche speciali utensili meccanici ad impatto, speciali raschietti e scalpelli da montare su apparecchiature elettriche e pneumatici. Un tal modo di intervenire sarà particolarmente utile quando alla superficie metallica dovranno essere asportati spessi strati di ruggine, scaglie, vecchi e spessi strati di pittura. Facendo uso di questi utensili si dovrà fare molta attenzione a causa della possibilità che l'utensile intagli la superficie asportando metallo sano e lasciando sulla superficie stessa delle punte di bava acute, punti questi in cui lo strato di pittura protettiva potrà staccarsi e cadere prematuramente. Un inconveniente non secondario che deriva dall'uso di questi strumenti per la pulizia di superfici d'acciaio è legato al fatto che la superficie, in caso di disattenzione operativa, potrebbe risultare troppo ruvida per una soddisfacente applicazione della pittura. Per queste ragioni l'uso di utensili rotanti ad impatto dovrà essere limitato a casi eccezionali.

Le superfici pulite con metodo meccanico dovranno subire l'applicazione di pittura di fondo nel più breve tempo possibile, per evitare gli effetti nocivi degli agenti atmosferici. Sarà necessario che le pitture di fondo abbiano buone caratteristiche di bagnabilità come quelle, per esempio, il cui veicolo sia costituito da olio di lino puro.

Sabbatura - Due sono i metodi principali di sabbatura: per via umida e a secco. Il metodo per via umida si differenzia da quello a secco per il fatto che nella polvere abrasiva viene introdotta dell'acqua o una soluzione di acqua e inibitore di corrosione. Il metodo per via umida presenta il vantaggio di ridurre al minimo la produzione di polvere, ma non sempre sarà utilizzabile. In effetti le strutture metalliche che presentano un gran numero di recessi formati da profilati e giunzioni con cavità verso l'alto non si prestano ad una sabbatura umida in quanto la sabbia bagnata e gli altri residui tenderanno ad annidarsi negli anfratti e richiedere quindi un accurato lavaggio successivo. La presenza di acqua tenderà poi alla formazione di ruggine anche impiegando composti antiruggine in aggiunta all'acqua della sabbatura o di lavaggio. Secondo il procedimento di sabbatura a secco l'acciaio potrà essere pulito completamente dalla ruggine anche in profondità, rimanendo, ad eccezione dei casi in cui piova, assolutamente asciutto ed esente da corrosione per parecchie ore, permettendo di avere a disposizione un periodo di tempo sufficientemente lungo per l'applicazione del rivestimento protettivo. Si distingueranno quattro gradi di pulizia delle superfici di acciaio ottenibili mediante sabbatura:

- **Sabbatura a metallo bianco.** Si riferisce alla completa esportazione di tutti i prodotti di corrosione, di tutte le tracce di vecchie pitture, di tutte le impurità della superficie metallica. Dal processo si dovrà ottenere una superficie di color grigio chiaro, di aspetto uniforme e una ruvidità tale da garantire la perfetta adesione degli strati di pittura che verranno applicati.
- **Sabbatura al metallo quasi bianco.** Si riferisce alla quasi totale esportazione di tutti i prodotti di corrosione, di tutte le tracce di vecchie pitture e impurità superficiali. È ammesso che sulla superficie possano rimanere piccole chiazze di colore leggermente diverso.
- **Sabbatura commerciale.** Si riferisce ad una operazione di sabbatura buona ma non perfetta che impone l'asportazione di tutta la ruggine e di materia estranea alla superficie metallica. "La superficie non sarà necessariamente uniforme sia in termini di pulizia sia di aspetto.
- **Sabbatura grossolana.** Si riferisce all'operazione di sabbatura durante la quale vengono asportate tutte le scaglie libere di ruggine, mentre vengono lasciati sia la ruggine aderente sia gli strati di vecchia pittura.

Gli abrasivi utilizzabili nelle operazioni di sabbiatura saranno a base di sabbia silicea, pallini e granuli macinati di ghisa o acciaio. Le sabbie dovranno essere esenti da argilla e da polvere. Il materiale abrasivo dovrà essere sufficientemente duro per compiere la desiderata azione di pulizia e tenace per resistere alle sollecitazioni di rottura. La sabbia silicea sarà comunque da preferirsi qualora si ritenga di non eccedere nella profondità della sabbiatura ovvero si desideri un'azione più delicata o graduale. L'abrasivo metallico sarà utilizzato solamente nel caso in cui si debbano asportare vecchie pitturazioni a durezza molto elevata che sarebbe difficoltoso asportare mediante l'abrasivo siliceo.

Per le operazioni di sabbiatura, la pressione dell'aria, il diametro dell'ugello e il tipo di abrasivo saranno scelti in funzione al tipo di superficie e ai materiali che si dovranno asportare. Le procedure da seguire per i vari gradi di sabbiatura sono descritte nelle specifiche tecniche precedentemente citate che comunque costituiscono parte integrante del presente Capitolato Speciale.

Sverniciatura chimica - Da condursi con prodotti svernicianti debolmente aggressivi soltanto dove effettivamente necessario. Da impiegarsi con le dovute cautele in quanto la rapidità di azione dei prodotti svernicianti è direttamente proporzionale alla loro aggressività. Saranno quindi preferibili prodotti ad azione lenta (eventualmente ripetendo l'operazione), a base di solventi clorurati o a base di solventi più deboli a base d'acqua.

Pretrattamento o condizionamento dell'acciaio - Per tutti quei ferri esposti agli agenti atmosferici o comunque in ambienti ricchi di umidità sarà necessario effettuare un pretrattamento dei ferri puliti, prima dell'applicazione della mano di fondo. I pretrattamenti potranno essere dei seguenti due tipi.

Pretrattamento chimico o fosfatizzazione a freddo - Consisterà nel trattare l'acciaio con una miscela di acqua, acido fosforico, agenti bagnanti, olio solvente solubile in acqua, la precedente miscela andrà poi sciolta in rapporto 1:3 in acqua. Per una corretta applicazione si dovrà ottenere entro pochi minuti una superficie asciutta, polverosa e di colore grigio biancastro, ciò indicherà che l'acido fosforico ha reagito correttamente e che la miscela aveva l'esatta composizione. Operando in ambienti ad elevata umidità, la superficie alla quale si applicherà il pretrattamento, necessiterà di tempi più lunghi per essiccare e dar luogo alla reazione completa. Prima del pretrattamento bisognerà verificare che la superficie sia esente da ruggine e perfettamente pulita.

Pretrattamento con wash primer - Per wash primer si intende una composizione protettiva che formerà sulla superficie metallica un complesso costituito da una pellicola inorganica e/o organica derivante da una serie di reazioni tra i componenti essenziali del wash primer e cioè acido fosforico, pigmenti da cromati inorganici e resina polivinilbutirralica. La pellicola inorganica risulterà dalla reazione tra metallo e componenti solubili del wash primer e dovrà depositarsi a contatto del metallo, mentre la pellicola organica si depositerà sulla prima per evaporazione del solvente. Il sistema dovrà possedere le seguenti proprietà: prevenire o ritardare la corrosione del metallo; agganciarsi saldamente all'acciaio permettendo l'adesione e l'integrità dei successivi cieli di rivestimento; permettere una protezione temporanea fino a quando non saranno applicate le pitture anticorrosive e le mani di finitura. Sarà ammesso l'uso di wash primer di tipo reattivo o di tipo non reattivo. Il primo sarà a base di pigmento terossicromato di zinco. Il secondo tipo di pigmento sarà a base di fosfato di cromo; saranno comunque ammessi wash primer contenenti resina fenolica e/o fenossidica. Il tipo di wash primer da utilizzare sarà comunque vincolato dalla sua compatibilità con i cicli di pitturazione protettiva successivi. In linea di massima sarà richiesta una preparazione preventiva a base di sabbiatura almeno commerciale, in ogni caso sarà necessario che il metallo (anche non sabbiato) sia pulito e sgrassato accuratamente, non presenti tracce di ruggine, vecchie pitturazioni o comunque sostanze estranee. Il wash primer andrà applicato sulle superfici metalliche a spruzzo o a pennello: sarà da preferirsi l'applicazione a pennello in caso di ambiente particolarmente umido. Andrà applicato in un solo strato per uno spessore mediamente compreso tra 8 e 12 micron. Sia la fosfatizzazione a freddo che il wash primer non sono dei fondi veri e propri ma dei pretrattamenti a cui bisognerà far seguire, il più presto possibile, l'applicazione della pittura anticorrosiva che è stata scelta.

Mezzi e tecniche di applicazione dei rivestimenti protettivi - La scelta del sistema di applicazione sarà tesa a garantire la correttezza dell'operazione, lo spessore dello strato protettivo in funzione del tipo di intervento e di manufatto su cui andrà ad operare.

Pennello - Salvo casi particolari, la prima mano dovrà essere data a pennello, per ottenere una buona penetrazione della pittura per azione meccanica. I pennelli dovranno essere di ottima marca, fabbricati con setole vulcanizzate o sintetiche, dovranno essere ben imbevuti di pittura, evitando tuttavia che questa giunga alla base delle setole; le pennellate saranno date con pennello inclinato a 45 gradi rispetto alla superficie e i vari strati di pittura saranno applicati incrociati e cioè ognuno in senso normale rispetto al precedente. Ad ogni interruzione del lavoro, i pennelli dovranno essere accuratamente puliti con apposito diluente.

Spruzzo - L'applicazione a spruzzo sarà, in linea di massima, esclusa per la prima mano. Per ottenere una buona pitturazione a spruzzo sarà necessario in primo luogo regolare e mettere a punto l'afflusso dell'aria e della pittura alla pistola, in modo da raggiungere una corretta nebulizzazione della pittura stessa. In tal senso sarà necessaria una giusta scelta della corona per l'aria e dell'ugello spruzzatore, in funzione del tipo di pittura da spruzzare. Inoltre bisognerà ottenere un corretto rapporto tra aria e pittura. In termini operativi sarà necessario che l'ugello della pistola sia tenuto costantemente ad una distanza di circa cm 20-25 dalla superficie e che una corretta operazione di spostamento della pistola comporti che lo spruzzo rimanga sempre perpendicolare alla superficie da pitturare. L'attrezzatura consisterà in una pistola a spruzzo, tubi flessibili per il trasporto dell'aria e delle pitture, serbatoio di

alimentazione dell'aria compressa, compressore, riduttore di pressioni e filtro per mantenere costantemente la pressione dell'aria e asportarne l'umidità, sostanze grasse e altre impurità. Prima dell'applicazione la pittura dovrà essere accuratamente rimescolata per ottenere una perfetta omogeneizzazione, operazione questa della massima importanza per evitare che le prime mani di pittura risultino ricche di veicolo e povere di pigmento. La diluizione delle pitture dovrà essere fatta con solventi prescritti per ciascuna pittura, per evitare alterazioni delle caratteristiche fisico-chimiche delle stesse. La temperatura ambiente e quella delle superfici da pitturare dovrà stare nei limiti prescritti per ciascuna pittura; lo stato igrometrico ambientale dovrà aggirarsi sui 65-70% di U.R. e non dovrà passare assolutamente l'85%, nel qual caso sarà necessario rimandare l'operazione in giorni con condizioni ambientali ottimali. Le superfici non dovranno assolutamente presentare umidità, ed eventualmente sospendere la pitturazione (esterna) in caso di pioggia. L'opportunità di ultimare il più rapidamente possibile l'applicazione dei vari strati di pittura protettiva, non dovrà far trascurare il fatto che ciascuna mano di pittura dovrà raggiungere un adeguato grado di durezza e di essiccazione prima di applicare la mano successiva. Anche con tempo particolarmente favorevole, il periodo di essiccazione e/o stagionatura non potrà essere inferiore a quella prescritta per il cielo utilizzato.

Rivestimenti protettivi e cicli di pitturazione

“Caratteristiche e composizione dei cicli protettivi

Le pitture saranno costituite da una parte liquida (veicolo) e da una parte solida (pigmento e riempimento) secondo le seguenti peculiarità. Il veicolo sarà costituito da:

Leganti - Saranno costituiti da oli, resine naturali, sintetiche ed elastomeri.

Plastificanti - Saranno tali da garantire elasticità e flessibilità del film.

Solventi e diluenti - Avranno lo scopo di solubilizzare i leganti conferendo alle pitture le caratteristiche ottimali di applicazione: idrocarburi alifatici e/o aromatici, alcoli, esteri, chetoni, ed eventualmente acqua.

Additivi e ausiliari - Impartiranno alla pittura caratteristiche particolari per ottimizzarne le prestazioni: essiccativi, sospensivi, agenti che favoriscono la bagnabilità del supporto, antiossidante, agenti dilatanti, stabilizzatori di resina, ecc.

Viceversa i pigmenti e riempitivi saranno costituiti da sostanze finemente disperse nel veicolo e si suddividono in:

Attivi - I quali dovranno possedere capacità di bloccare il processo corrosivo attraverso uno dei seguenti meccanismi:

- protezione catodica conferita da polveri di zinco, piombo, ecc. che si sacrificano a vantaggio del ferro fornendogli una protezione di natura elettrochimica;
- azione passivante esercitata da pigmenti a base di fosfati metallici fornenti ioni che reagiscono con il metallo riducendone la tendenza alla corrosione;
- azione ossidante esercitata da pigmenti in grado di ossidare ioni ferrosi e ferrici dando luogo a prodotti ossidati a stretto contatto con il supporto (vari tipi di cromati, minio di piombo).

Inerti - Saranno caratterizzati da elevata resistenza chimica e agli agenti atmosferici, riducendo la permeabilità intrinseca del veicolo. I pigmenti inerti comprenderanno ossidi metallici (biossido di titanio, ossido di ferro, ossido di cromo...), sali inorganici, pigmenti organici, nero fumo, grafite, ecc.

Riempitivi - Avranno la funzione di conferire particolari caratteristiche quali flessibilità, aderenza, durezza, resistenza all'abrasione... I riempitivi comprenderanno silicati compressi (mica, talco, caolino, asbestina ecc.) ossidi metallici (alluminia e quarzo) carbonati naturali e precipitati, solfati (bariti ecc.). Le caratteristiche che dovrà avere il ciclo di pitturazione sono così riassunte:

- adeguata adesione alla superficie da proteggere;
- buon potere anticorrosivo;
- limitata porosità e ridotta permeabilità ai gas e ai liquidi;
- resistenza nel tempo agli agenti atmosferici e chimici.

Un ciclo di pitturazione dovrà essere costituito da:

- uno o due strati di fondo con funzione di antiruggine e per il saldo ancoraggio sia alla superficie da rivestire sia agli strati successivi;
- un eventuale strato intermedio con funzione di collegamento fra strato di fondo e i successivi di copertura;
- uno o più strati di copertura o finitura con funzione protettiva nei confronti delle azioni esterne in relazione alle condizioni di esercizio.

Poiché ogni rivestimento è comunque permeabile all'aria e agli eventuali aggressivi chimici in ragione inversa al suo spessore, sarà necessario garantire lo spessore minimo per il cielo utilizzato.

Il primo strato protettivo sarà un fondo di antiruggine che dovrà soddisfare alle seguenti caratteristiche generali: adesione, bagnabilità, potere antiruggine, durabilità, ricopribilità con strati intermedi o di finitura di natura diversa. Poiché il fondo antiruggine è la base sulla quale verranno applicati i successivi strati di pittura, bisognerà seguire una particolare attenzione nella fase di applicazione, in quanto fondi scadenti o inadeguati non possono che dare risultati negativi anche con finiture di buona qualità.

La scelta del tipo di fondo antiruggine dovrà tenere conto delle future condizioni dell'ambiente circostante il manufatto e in particolare della sua eventuale esposizione agli agenti atmosferici. In base al tipo di esposizione agli

agenti chimici ed atmosferici, sarà successivamente effettuata la scelta delle pitture di finitura che dovranno essere compatibili con il fondo applicato. Sarà comunque necessario tenere conto dei seguenti fattori: tempo di essiccazione del fondo, resistenza agli agenti esterni. È inoltre molto importante che i fondi di antiruggine siano scelti in funzione al tipo di pulizia alla quale è stata assoggettata la superficie e in ogni caso lo strato di fondo dovrà essere applicato nella stessa giornata nella quale viene effettuata la preparazione della superficie.

Sistemi all'olio di lino

temperatura d'esercizio, non superiore a 90 °C;
resistenza all'abrasione, scarsa, non consigliata per superfici soggette a transito, pulviscolo, azioni di contatto;
tenacità, flessibilità, durezza, inizialmente scarsa, aumenta per ossidazione nel tempo;
adesione, aderisce durevolmente all'acciaio, inadatto per acciaio zincato;
ritenzione della brillantezza, eccellente e permanente;
compatibilità con altri cicli, applicabile su pellicole preesistenti di natura alchidica e all'olio; volendo sovrapporre altri cicli (clorocaucciù, alchidici particolari ecc.) sarà necessario saggiare preventivamente il film sottostante per osservare eventuali incompatibilità; sconsigliati i sistemi vinilici, epossidici, poliuretanici su fondi e antiruggine all'olio;
invecchiamento e idoneità all'esposizione esterna, soddisfacente nel tempo;
possibilità di manutenzione, i cicli sono facilmente rinfrescabili con applicazione di uno o più strati di pittura.

Dati di applicazione dei sistemi all'olio di lino:

preparazione della superficie, dovrà essere curata come precisato ai paragrafi relativi;
mezzi di applicazione, pennello, spruzzo; l'uso del pennello è raccomandato per strati di antiruggine;
tempo di lavorabilità, non sono richieste particolari precauzioni;
composizione del ciclo protettivo, due strati di antiruggine, uno strato di copertura e uno di finitura;
numeri di strati, spessore del film, essiccazione, sono necessarie quattro mani, intervallate di almeno 24 ore tra di loro; spessore finale 120-150 micron (30-35 micron per strato);
temperatura e condizioni di applicazione, non si dovrà operare con temperatura sotto i 5 °C e su fondo umido.

Sistemi al clorocaucciù

temperatura d'esercizio, limitata a 50-60 °C;
resistenza all'abrasione, il sistema di clorocaucciù sarà idoneo all'impiego per rivestimenti soggetti a pulviscolo abrasivo, al calpestio ecc.;
tenacità, flessibilità, durezza, regolabili in una gamma assai estesa di formulazioni possibili a seconda delle necessità di impiego;
adesione, eccellente adesione all'acciaio, è sconsigliata su acciaio zincato;
ritenzione di brillantezza, le pitture al clorocaucciù danno pellicole satinata o moderatamente lucide; la ritenzione di brillantezza è nel tempo buona, la pellicola facilita la rimozione di sostanze estranee depositatesi sul film;
resistenza chimica ed alla corrosione, offre eccellenti prestazioni per rivestimenti protettivi anticorrosivi anche in presenza di aggressivi chimici;
ricopribilità con altri cicli di pitturazione, i prodotti al clorocaucciù vengono applicati in ciclo omogeneo;
invecchiamento e idoneità all'esposizione esterna, i sistemi sono idonei per applicazione esterna, presentano buona stabilità all'azione degli agenti atmosferici anche in presenza di gas o vapori corrosivi, debole è la resistenza ai raggi UV;
possibilità di manutenzione, i sistemi al clorocaucciù sono facilmente ritoccabili per la normale manutenzione.

Dati di applicazione dei sistemi al clorocaucciù:

preparazione della superficie, dovrà essere curata come precisato nei paragrafi relativi, sarà comunque indispensabile un'accurata pulizia manuale e/o meccanica ovvero una sabbiatura di tipo commerciale;
mezzi di applicazione, si raccomanda l'impiego del pennello;
composizione del ciclo protettivo, consiste in un ciclo applicativo di quattro strati;
numero degli strati e spessore del film, per un ciclo normale a quattro mani, intervallate di almeno 8 ore una dall'altra, lo spessore finale della pellicola dovrà essere compreso tra 100-130 micron, cioè una media di 25-30 micron per strato, generalmente si applicherà un primo strato di antiruggine con pigmenti inibitori di corrosione, seguito da uno strato intermedio a due strati di finitura;
essiccazione ed applicazione, l'essiccazione del film di clorocaucciù avviene per evaporazione del solvente e non per ossidazione; si possono così ottenere strati di pittura asciutti al tatto dopo un'ora; è tuttavia buona norma lasciar trascorrere 8-10 ore prima di procedere al maneggio dei pezzi pitturati; bisognerà evitare la pitturazione su superficie umida, in atmosfera piovosa o con temperatura inferiore a 5 °C.

Sistemi fenolici

temperatura di esercizio, in genere i sistemi oleofenolici e le dispersioni fenoliche possono essere impiegate fino a 120 °C, sono possibili modificazioni con resine siliconiche per temperature più elevate;

resistenza all'abrasione, dipende dalla lunghezza dell'olio ma in genere può considerarsi buona;

tenacità, flessibilità, i valori dipendono dal tipo di pittura oleofenolica, pur considerandosi generalmente buoni, per le dispersioni fenoliche la flessibilità dipende dai rapporti con i veicoli usati;

durezza, la durezza delle pitture e delle dispersioni fenoliche è generalmente buona, è legata alla flessibilità poiché ad una minore durezza corrisponde una maggiore flessibilità;

adesione, l'adesione all'acciaio dipende dal tipo di preparazione della superficie, nonché dal tipo di pittura; si può comunque definire generalmente ottimo, ciò è particolarmente vero nel caso degli strati di fondo a base di dispersioni fenoliche che aderiscono anche in casi critici;

ritenzione alla brillantezza, nei sistemi oleofenolici è generalmente buona;

resistenza chimica e alla corrosione, la resistenza dei sistemi oleofenolici e a base di dispersioni fenoliche è generalmente ottima sia in atmosfera normale sia ad elevata umidità; la resistenza chimica delle pitture oleofenoliche dipende dalla loro formulazione e si può mediamente definire buona;

compatibilità con altri cicli, i sistemi oleofenolici possono essere applicati su wash primer, sistemi alchidici, clorocaucciù, all'olio; a loro volta possono essere rivestiti con sistemi alchidici, bitumosi, all'olio, vinilici, clorocaucciù ed epossidici; le pitture a base di dispersione fenolica possono essere rivestite dalla maggioranza delle pitture da finitura disponibili e possono considerarsi come fondi quasi universali;

invecchiamento ed idoneità all'esposizione esterna, le pitture oleofenoliche presentano una collaudata resistenza all'invecchiamento e all'esposizione esterna, pur tendendo ad un progressivo ingiallimento nel tempo;

possibilità di manutenzione, i sistemi oleofenolici hanno una buona facilità di manutenzione in quanto successive applicazioni di pitture analoghe aderiscono in modo soddisfacente alle precedenti, purché queste non siano ossidate.

Dati di applicazione dei sistemi fenolici:

preparazione della superficie, si ottengono ottimi risultati anche con la semplice sabbiatura commerciale; è possibile ottenere risultati anche su superfici rugginose impiegando strati di fondo a lenta essiccazione; la possibilità di impiego anche su acciaio con imperfetta preparazione rappresenta un vantaggio dei fondi oleofenolici;

mezzi di applicazione, a pennello e a spruzzo;

composizione del ciclo protettivo, generalmente si compone di quattro strati così formulati:

- uno strato di fondo a base di pigmenti anticorrosivi (diversamente formulato a seconda della preparazione del metallo ovvero se applicativo su wash primer);
- un secondo strato di fondo o intermedio;
- uno strato di copertura o di finitura; uno strato finale di finitura;

le pitture a base di dispersioni fenoliche sono invece soprattutto usate per strati di fondo di cicli misti;

numero di strati e spessore del film, nel caso di sistemi oleofenolici a quattro strati si prevederà uno spessore di 100-150 micron;

tempo di essiccazione, le pitture oleofenoliche essiccano in 4-24 ore, l'essiccazione avviene per rilascio del solvente e ossidazione dello strato ottenuto; le pitture a base di dispersione fenoliche possono essiccare anche in 5 minuti.

Sistemi epossidici

Tipi di pitture disponibili:

pitture a base di resine epossidiche liquide, sistemi senza solventi;

pitture a base di resine epossidiche solide, sistema epossidico a solventi;

pitture a base di resine epossidiche novolacche;

pitture a base di resine epossidiche solide e altre resine, sistemi modificati (epossi-catrame, epossidico-vinilico, epossidico-fenolico, epossidico-siliconico, epossidico-uretanico ecc.);

altre pitture, fondi universali a base di pitture epossidiche ricche di zinco.

Caratteristiche dei rivestimenti applicati:

temperatura di esercizio, i normali rivestimenti epossidici possono sopportare temperature d'esercizio che vanno da -70 °C a +100 °C;

resistenza all'abrasione e all'impatto, a causa della loro durezza ed elasticità i sistemi epossidici presentano un'eccellente resistenza ad abrasione e impatto;

tenacità e flessibilità, i rivestimenti epossidici si distinguono per la loro elevata tenacità; debitamente formulati presentano una buona flessibilità;

durezza, la durezza è da considerarsi generalmente assai elevata;

adesione, i rivestimenti epossidici presentano ottima capacità di aderire ai più svariati supporti;

resistenza chimica e alla corrosione, debole resistenza allo sfarinamento, per effetto degli agenti atmosferici e raggi solari;
ritenzione alla brillantezza, ottima per applicazioni all'interno; all'esterno tende ad uno sfarinamento superficiale che fa perdere brillantezza;
compatibilità con altri cicli, sopra un fondo epossidico possono essere applicati diversi prodotti; ciò permette di sfruttare l'eccezionale capacità di adesione di un fondo epossidico anche nel caso di ciclo di finitura a base di altre resine;
invecchiamento e idoneità all'esposizione esterna, l'invecchiamento dei rivestimenti epossidici è molto contenuto e risulta idoneo all'esposizione nelle più disparate atmosfere, con limiti di una bassa resistenza ai raggi UV;
possibilità di manutenzione, la manutenzione di rivestimenti epossidici a solventi o quelli modificati con resine viniliche, è possibile senza difficoltà.

Dati di applicazione dei sistemi epossidici:

preparazione della superficie, si prescriverà la sabbiatura a metallo bianco ovvero una pulizia manuale che garantisca risultati analoghi;
mezzi di applicazione, a pennello, a spruzzo;
composizione del ciclo protettivo, per i sistemi senza solvente si applicheranno due mani di rivestimento; per i sistemi con solventi si applicherà uno strato di fondo, un eventuale strato intermedio, due strati di finitura;
numero di strati e spessore dei film, per i sistemi in solvente si applicheranno tre o quattro strati per uno spessore di 120-150 micron, per il sistema senza solventi basteranno due strati con uno spessore complessivo dei film di 300-400 micron;
tempo di essiccazione e temperatura di applicazione, a temperatura ambiente l'indurimento avverrà in quattro-dodici ore per i sistemi con solvente ed in una-ventriquattro ore per i sistemi senza solvente; la durezza continua ad aumentare nel tempo e il massimo di resistenza chimica si otterrà dopo una settimana.

Sistemi vinilici

temperatura di esercizio, i rivestimenti vinilici sono limitati a temperature d'esercizio di 65 °C;
resistenza all'abrasione e all'impatto, buona;
tenacità e flessibilità, ottima;
durezza, i rivestimenti vinilici presentano una buona durezza;
adesione, le pitture viniliche a base di copolimeri non hanno buona capacità di adesione, per superare queste difficoltà andranno usati wash primer, pitture di fondo speciali (zincati a freddo ecc.);
ritenzione di brillantezza, sebbene la brillantezza delle pitture viniliche sia inferiore alle altre, la loro ritenzione è eccezionale;
resistenza chimica e alla corrosione, le pitture viniliche nelle normali condizioni di esercizio hanno una eccellente resistenza ad acidi inorganici, organici e ai gas; ottima la resistenza agli alcali, soluzioni saline, alcoli e acqua;
presentano una buona resistenza a lunghe esposizioni esterne e alle intemperie e atmosfere molto aggressive;
compatibilità con altri cicli, la compatibilità degli strati vinilici con altri è uno dei maggiori vantaggi delle pitture viniliche quando impiegate come rivestimenti di manutenzione; la maggior parte di pitture intermedie e di finitura a basi viniliche aderiscono infatti tenacemente alle mani viniliche precedentemente applicate; saranno comunque richieste pitture viniliche opportunamente formulate nel caso in cui il primo strato sia del tipo wash primer o nel caso di fondi realizzati con resine non viniliche ovvero con strati di fondo fenolici, alchidici, epossidici, zincati a freddo, pitture viniliche modificate;
invecchiamento ed idoneità all'esposizione esterna, i rivestimenti vinilici sono tra i migliori per quanto riguarda resistenza all'invecchiamento, raggi ultravioletti ed esposizione esterna in genere, e sono tra i più indicati per applicazione a lunghissima durata all'esterno, anche in atmosfere aggressive;
possibilità di manutenzione, uno dei vantaggi del sistema vinilico è rappresentato dalla sua facilità e sicurezza di manutenzione.

Dati di applicazione dei sistemi vinilici:

preparazione della superficie, sarà richiesta una preparazione particolarmente accurata sia di tipo manuale sia meccanico ovvero una sabbiatura al metallo bianco o quasi bianco o anche commerciale, la sabbiatura eliminerà uno degli svantaggi delle pitture viniliche: la penetrazione della corrosione sotto la pittura dalle zone non pitturate (corrosione sottopellicolare) e aumenterà il grado di aggancio del fondo usato nel ciclo vinilico; nei casi critici in presenza di alta umidità e/o atmosfera aggressiva oltre allo strato di fondo anche il secondo strato dovrà essere applicato il giorno di preparazione della superficie, specialmente se si è usato il wash primer;
pezzi di applicazione, a spruzzo e a pennello;
composizione del ciclo protettivo, il ciclo vinilico potrà essere così composto:
- uno strato di fondo tipo wash primer o vinilico o di altra natura (zincati a freddo, fenoliche, epossidiche, ecc.);

- due o più strati intermedi o di collegamento vinilici o vinilici modificati applicati a spruzzo;
- due o più strati di finitura a spruzzo fino a raggiungere lo spessore desiderato;

numero degli strati e spessore del film, sono generalmente richiesti spessori del film secco di almeno 150-200 micron, con metodi di applicazione a spruzzo, cioè si ottiene con circa cinque-sei passate da 25-30 micron ciascuna; con applicazione a pennello il numero degli strati potrà essere ridotto a tre a parità di spessore; tempo di essiccazione e temperature di applicazione, non esistono particolari indicazioni circa le temperature di applicazione dovendo essiccare per semplice evaporazione del solvente; in normali condizioni atmosferiche lo strato di fondo, se di tipo wash primer, può essere ricoperto dopo 45-60 minuti, per altri fondi si richiederà un tempo superiore di essiccazione; fra due eventuali strati intermedi di pittura vinilica sarà richiesto un tempo di attesa di 2 ore. Le finiture viniliche resisteranno all'umidità ed ai vapori chimici già dopo 1-2 ore dall'applicazione; sarà tuttavia consigliabile aspettare 24 ore prima dell'utilizzazione del manufatto in ferro.

Sistemi poliuretanici

Tipi di pitture disponibili:

pitture poliuretaniche a due componenti, la cui base potrà essere costituita da resine poliestere, epossidiche ad alto peso molecolare, alchidiche particolari; sarà da preferirsi un agente indurente a base alifatica o alifatico-aromatica per garantire una migliore resistenza ai raggi UV;

pitture poliuretaniche monocomponenti, oli poliuretanici, derivati da oli vegetali e isocianati;

sistemi modificati, con catrame di carbon fossile, con resine fenoliche, con resine viniliche, acriliche, nitrocellulosiche.

Caratteristiche dei rivestimenti applicati:

temperatura di esercizio, la resistenza al calore è limitata a 100-120 °C, comunque a temperature superiori a 100 °C si verificano notevoli ingiallimenti dei film;

resistenza all'abrasione, le pellicole poliuretaniche presentano eccezionali doti di resistenza all'abrasione accoppiate a grande resistenza chimica;

tenacità, flessibilità, durezza, queste caratteristiche variano in una gamma molto ampia per la versatilità del sistema;

adesione, è generalmente ottima con pretrattamenti opportuni;

ritenzione di brillantezza, buona e per pitture con indurenti alifatici superiore a quella di altri cicli;

resistenza chimica e alla corrosione, il ciclo presenta altissime proprietà di resistenza agli attacchi di sostanze chimiche, solventi, oli, grassi, alcuni prodotti alimentari, acqua salata ecc.;

compatibilità con altri cicli di pitturazione, il sistema poliuretanico costituisce un ciclo a se stante, è però possibile usufruire di alcuni specifici fondi di altra natura;

invecchiamento ed idoneità all'esposizione esterna, presenta un ottimo comportamento all'invecchiamento in quanto possiede un'elevata resistenza all'ossidazione naturale e alla degradazione; il film, pur perdendo parte della brillantezza iniziale, si manterrà inalterato nelle sue caratteristiche protettive per molto tempo;

possibilità di manutenzione, questo ciclo può presentare problemi di manutenzione, quando si vogliono applicare strati di ripresa data la grande durezza della pellicola e l'inerzia nei confronti di solventi.

Dati di applicazione dei sistemi poliuretanici:

preparazione della superficie, sarà richiesta una superficie particolarmente curata del tipo sabbiato con grado commerciale; potrà essere richiesto il pretrattamento con wash primer seguito da un primo strato di antiruggine poliuretanica e quindi da strati intermedi e di finitura; la preparazione con pulizia meccanica o manuale dovrà essere particolarmente accurata;

mezzi di applicazione, a spruzzo o a pennello;

composizione del ciclo protettivo, il sistema si compone generalmente di 4-5 strati opportunamente intervallati nell'applicazione da almeno 12-24 ore l'uno dall'altro;

numero di strati e spessore del film, il trattamento comprenderà le seguenti fasi:

- pretrattamento con applicazione di wash primer;
- uno strato di fondo antiruggine;
- uno o due strati intermedi;
- due strati di finitura; questi quattro o cinque strati generano uno spessore complessivo di 120-150 micron;

essiccazione e temperatura di applicazione, l'indurimento avviene in circa 24 ore a 25 °C, pertanto i vari strati devono essere sovrapposti ad intervalli di tempo collegati a quelli di indurimento stabiliti dal fabbricante; occorrerà evitare la pitturazione in ambiente ad elevata umidità e su fondi umidi;

condizione di applicazione, sono da evitare temperature inferiori a 10 °C e valori di umidità elevati.

Cicli di pitturazione eterogenei

I fondi antiruggine per i cicli eterogenei si ripartiranno in due gruppi:

fondi antiruggine a base di olio di lino, clorocaucciù, alchidica, fenolica, epossidica, vinilica, per le loro caratteristiche (adesione, essiccazione, resistenza chimica, modalità di applicazione) si rimanda per ognuno alla descrizione del rispettivo ciclo omogeneo;

zincanti a freddo organici e inorganici, questi primer dovranno dare un film secco contenente una percentuale di zinco compresa tra l'80 e il 93% in peso e assicurare una duratura protezione di tipo elettrochimica al ferro. I leganti impiegati per la formulazione dei prodotti zincanti saranno:

- leganti organici: resine epossidiche, viniliche, alchidiche, fenoliche, poliuretaniche, siliconiche ecc.;
- leganti inorganici: particolari derivati dal silicio solubili in solvente o in acqua.

Caratteristiche dei rivestimenti a base di zinco:

temperatura di esercizio, 200-250 °C per certi zincanti organici, 400-450 °C per quelli inorganici;

resistenza all'abrasione, generalmente buona, superiore negli zincanti inorganici;

tenacità e flessibilità, buona tenacità e scarsa flessibilità;

durezza, buona, migliore nei tipi inorganici;

adesione, è ottima qualora lo zinco possa arrivare a contatto diretto e intimo con il ferro, sarà pertanto necessaria una preparazione della superficie mediante sabbiatura;

resistenza chimica e alla corrosione, adatti anche per atmosfere fortemente aggressive;

ricopribilità con altri prodotti, non possono essere applicati su vecchie pitture, sono invece ricopribili con sistemi tipo clorocaucciù, fenolico, vinilico, epossidico, bituminoso;

idoneità all'esposizione esterna, presentano buone resistenze agli agenti atmosferici anche fino a 12 mesi in attesa di ricevere gli strati di finitura;

possibilità di manutenzione, non presenta particolari difficoltà la possibilità di ritocco a distanza di tempo del primer di zinco.

Dati di applicazione dei rivestimenti a base di zinco:

preparazione della superficie, sarà richiesta una preparazione mediante sabbiatura al metallo quasi bianco;

mezzi di applicazione, pennello o a spruzzo a bassa pressione;

spessore degli strati, sarà in funzione delle specifiche condizioni di esercizio in relazione agli strati protettivi di finitura, variando da 35 a 60 micron per gli zincanti organici, tra 70 e 90 micron per gli inorganici, qualora lo zincante sia usato senza finitura lo spessore dovrà essere di 100-130 micron;

tempo di essiccazione e temperatura di applicazione, i tempi di essiccazione variano in funzione del tipo di legante e della composizione del prodotto, le temperature di applicazione dovranno essere comprese tra 5 e 35 °C.

Per la scelta ottimale di un ciclo eterogeneo completo e le sue condizioni di applicazione sarà necessario seguire le raccomandazioni del fabbricante di pitture, per evitare eventuali incompatibilità; sarà comunque possibile ricorrere a pitture di natura mista con funzione di collegamento per applicare su uno strato preesistente un altro di natura chimica diversa.

Selezione dei cicli di pitturazione in funzione dei diversi casi di esposizione

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo raccomandano cicli di pitturazione omogenei o eterogenei capaci di offrire un adeguato grado di protezione per i casi più ricorrenti di esposizione delle strutture e/o manufatti d'acciaio per l'intervento di manutenzione di manufatti in ferro della fabbrica, ovvero l'imposizione di un ciclo diverso da quelli indicati nei paragrafi relativi, qualora le particolari condizioni ambientali dovessero richiederlo:

Superfici esposte ad atmosfera rurale (soli agenti atmosferici)

Pulizia manuale:

- fondo all'olio di lino, applicazione pennello;
- copertura all'olio di lino, applicazione pennello/spruzzo;
- finitura olio di lino, applicazione pennello/spruzzo;
- spessore 120-140 micron.

Superfici esposte all'atmosfera industriale normale - Ciclo oleofenolico. Ciclo epossidico vinilico eterogeneo.

Pulizia sabbiatura commerciale:

- fondo zincante inorganico, applicazione pennello/spruzzo;
- copertura clorocaucciù, applicazione pennello/spruzzo;
- finitura clorocaucciù, applicazione pennello/spruzzo;
- spessore 120-140 micron.

Pulizia sabbiatura commerciale:

- fondo epossipoliamidico, applicazione pennello;
- copertura epossidica bi., applicazione pennello/spruzzo;
- finitura epossidica bi., applicazione pennello/spruzzo;
- spessore 120-150 micron.

Superfici esposte all'atmosfera industriale molto aggressiva

Pulizia sabbiatura a metallo quasi bianco:

- fondo epossipoliamidico, applicazione pennello/spruzzo;
- copertura poliuretanica bi., applicazione pennello/spruzzo;
- spessore 120-150 micron.

Pulizia sabbiatura a metallo quasi bianco:

- fondo zincante inorganico applicazione a spruzzo;
- intermedio vinilico applicazione pennello/spruzzo;
- finitura vinilica applicazione spruzzo;
- spessore 200-220 micron.

Pulizia sabbiatura a metallo quasi bianco:

- fondo zincante inorganico applicazione a spruzzo;
- copertura epossivinilica applicazione pennello/spruzzo;
- finitura epossivinilica applicazione pennello/spruzzo;
- spessore 250-300 micron.

Superfici esposte in ambienti a permanente elevata umidità - Ciclo vinilico su zincante inorganico:

Pulizia sabbiatura commerciale;

- fondo zincante organico, applicazione pennello/spruzzo;
- copertura clorocaucciù, applicazione pennello/spruzzo;
- finitura clorocaucciù, applicazione pennello/spruzzo;
- spessore 120-140 micron.

Art. 4.15 - Consolidamento di volte in muratura

Art. 4.15.1 - Generalità

Valgono a tal fine tutte le raccomandazioni di cui all'Art. IV.1.10 del presente Capitolato.

Prima di procedere all'operazione di consolidamento, l'Appaltatore dovrà svolgere le seguenti lavorazioni.

Puntellatura - Sigillate accuratamente tutte le lesioni intradosali con le modalità e con i materiali prescritti, l'Appaltatore dovrà sostenere la struttura realizzando un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione delle volte. Provvederà quindi alla realizzazione di adeguate sbadacchiature.

Le parti di volta, affrescate o decorate, a contatto con i puntelli, dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.

Rimozione - Tutte le rimozioni dovranno essere effettuate manualmente e dovranno procedere per successivi strati paralleli a partire dalla zona di chiave sino a raggiungere l'esterno della volta avendo cura di preservare l'integrità dei materiali. Si inizierà la rimozione degli elementi delle volte a botte procedendo per tratti di uguale dimensione a partire da ambedue i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfianchi.

Per le volte a padiglione, invece, l'Appaltatore dovrà partire dal centro seguendo le generatrici lungo i quattro fronti. Infine, per le volte a crociera si procederà secondo la direzione degli anelli fino ad arrivare al livello di imposta.

Pulizia della faccia estradosale - L'Appaltatore dovrà pulire l'estradosso delle volte rimuovendo con spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori o altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L., le malte leganti degradate, i detriti di lavorazione e tutto ciò che potrebbe in qualche modo danneggiare i successivi interventi di consolidamento.

Art. 4.15.2 - Consolidamento di volte in muratura mediante posa di rinfianchi cellulari

Prima di dare il via ad operazioni consolidanti l'Appaltatore dovrà sigillare i giunti colando o iniettando nel loro interno le malte prescritte; a tal fine potrà utilizzare, dietro autorizzazione della D.L., sistemi a bassa pressione che consentano il controllo e la graduazione della pressione.

Se espressamente richiesto dalla D.L. o dagli elaborati di progetto l'Appaltatore dovrà riparare le eventuali lesioni esistenti con reticoli cementati, rispettando le modalità e le indicazioni prescritte dall'Art. 4.9.3 del presente Capitolato.

La costruzione dei rinfianchi cellulari si eseguirà tramite frenelli in muratura di mattoni o in cemento armato posizionati normalmente alle generatrici delle falde.

Il sistema di rinfiango, l'interesse e la dimensione dei frenelli saranno quelli prescritti dagli elaborati di progetto.

Il collegamento tra i rinfianchi e l'estradosso della volta dovrà essere realizzato tramite chiodi metallici o barrette di acciaio ad aderenza migliorata immersi in resina infissi lungo la superficie di contatto dei muretti con la volta, previa perforazione dei conci. Questa operazione potrà essere effettuata unicamente a quella prevista all'Art. 4.15.4.

Le camere d'aria del sistema cellulare non dovranno essere a chiusura ermetica, ma comunicanti tramite opportuni spiragli realizzati nei diaframmi, nei muri o nella volta stessa.

Si potranno ricavare dietro indicazioni della D.L. delle opportune aperture tali da consentire il passaggio delle canalizzazioni.

Art. 4.15.3 - Consolidamento di volte in muratura mediante iniezioni di conglomerati

Tali operazioni faranno sempre riferimento a specifici elaborati di progetto che daranno indicazioni sulla profondità ed inclinazione delle perforazioni da effettuare, sui sistemi di iniezione, sui tipi di leganti (regolamentati dall'Art. 4.92 del presente Capitolato) e sulle pressioni di esercizio. Le perforazioni si eseguiranno sull'estradosso della volta mediante attrezzi a bassa rotazione.

Le iniezioni di conglomerati speciali (resine, miscele additivate, ecc.) si dovranno eseguire manualmente utilizzando imbuto o idonei ugelli e iniettando la malta fino a saturazione, riempiendo tutte le soluzioni di continuità presenti. L'Appaltatore dovrà seguire le generatrici della volta procedendo per facce parallele a partire dai piedritti fino a raggiungere la chiave.

La malta da iniezione sarà immessa solo dopo aver colato un quantitativo d'acqua sufficiente ad evitarne la disidratazione. Si potranno effettuare le iniezioni mediante pompe manuali o compressori purché a bassa pressione e sotto costante controllo della pressione di immissione che sempre dovrà mantenersi entro limiti di sicurezza. Tali operazioni si potranno effettuare solo dietro preventiva autorizzazione della D.L.

Potrebbe essere necessario ripetere le iniezioni trascorse 24-48 ore. L'Appaltatore dovrà eseguirle al fine di saturare completamente i vuoti prodotti dal ritiro o dalla sedimentazione della malta legante.

Art. 4.15.4 - Consolidamento di volte in muratura mediante realizzazione all'estradosso di cappa armata

I lavori in oggetto verranno eseguiti con le stesse modalità prescritte nell'Art. 4.9.4 del presente Capitolato e con i materiali, le armature e le indicazioni stabilite dagli elaborati di progetto.

Dovrà essere posta in opera una cappa in calcestruzzo con spessore non inferiore a cm 4. Il collegamento tra l'armatura della cappa e le murature perimetrali verrà assicurato tramite la realizzazione di un cordolo in cemento armato o di un traliccio in acciaio ancorato alla muratura.

L'Appaltatore, durante l'esecuzione di opere che richiedono l'impiego di resine e di armature in tessuti sintetici (fibre di vetro, tessuto non tessuto ecc.), dovrà evitare percolamenti di prodotti all'interno della volta provvedendo preventivamente alla sigillatura di fessure, lesioni e vuoti. Dovrà inoltre provvedere all'esecuzione di prove di tenuta alle infiltrazioni di acqua dietro specifica autorizzazione della D.L.

Sempre dietro richiesta della D.L. e se previsto negli elaborati di progetto l'Appaltatore dovrà effettuare operazioni di alleggerimento dei rinfianchi della volta riempiendo lo spazio compreso tra l'estradosso della volta e il piano del solaio soprastante con inerti leggeri.

In ogni caso i rinfianchi saranno collegati mediante un getto di calcestruzzo leggero.

Art. 4.15.5 - Placcaggi estradossoali con materiali fibrosi

Nel caso in cui si dovesse intervenire su coperture voltate o parti di esse in condizioni di avanzato degrado statico, dovendo inoltre evitare la bagnatura estradossoale, ridurre al minimo l'aumento del peso delle strutture e l'eventuale stress al precario organismo strutturale, si potrà intervenire impiegando fasce in materiale composito.

Queste fasce consolidanti in fibre aramidiche, fibre di carbonio, fibre di vetro, combinate con adesivi strutturali polimerici, dovranno essere disposte in funzione del quadro fessurativo precedentemente rilevato. Si utilizzeranno fibre in peso e misure variabili, adagiate in strati diversi nelle varie orientazioni (0° 90° + 45° - 45°) trattenute da filato poliestere, impregnate in resina epossidica secondo il rapporto medio 50% fibra, 50% resina.

Una volta effettuata un'accurata pulizia dell'estradosso della volta eliminando depositi, polveri e materiale incoerente, andranno identificate le lesioni e studiate le relative mappature per determinare il numero, la disposizione e la grammatura ideale delle fasce di rinforzo. Andranno in seguito applicati due strati preparatori: un primer di resina fluida da stendere a pennello e un adesivo epossidico a consistenza tissotropica steso a spatola. Seguirà l'immediata applicazione delle fasce di rinforzo, costituite da strisce di larghezza variabile tra i 20 e i 30 cm in tessuto di fibra con grammatura variabile tra i 230 g/mq e i 340 g/mq.

Le fasce andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura e di forza individuate. Si potranno inoltre mettere in sicurezza i sistemi voltati sospendendoli tramite tirantature in acciaio ad elementi in grado di reggerli (soprastanti travi in c.a., in acciaio ecc.), ancorate a piastre (solidali alle volte) in materiale composito. Si utilizzeranno sempre tessuti in fibra aramidica o al carbonio multiassiali e resina epossidica.

Art. 4.16 - Pavimenti e rivestimenti

Art. 4.16.1 - Pavimenti

La posa in opera dei pavimenti di qualsiasi tipo o genere dovrà venire eseguita in modo che la superficie risulti perfettamente piana ed osservando scrupolosamente le disposizioni che, di volta in volta, saranno impartite dalla D.L. I singoli elementi dovranno combaciare esattamente tra di loro, dovranno risultare perfettamente fissati al sottostrato e non dovrà verificarsi nelle connessioni dei diversi elementi a contatto la benché minima ineguaglianza.

I pavimenti si addenteranno per mm 15 entro l'intonaco delle pareti, che sarà tirato verticalmente sino al pavimento, evitando quindi ogni raccordo o guscio.

Nel caso in cui venga prescritto il raccordo, debbono sovrapporsi al pavimento non solo il raccordo stesso, ma anche l'intonaco per almeno mm 15.

I pavimenti dovranno essere consegnati diligentemente finiti, lavorati e senza macchie di sorta.

Resta comunque contrattualmente stabilito che per un periodo di almeno 10 giorni dopo l'ultimazione di ciascun pavimento, l'Appaltatore avrà l'obbligo di impedire l'accesso di qualunque persona nei locali; e ciò anche per pavimenti costruiti da altre ditte. Ad ogni modo dove i pavimenti risultassero in tutto o in parte danneggiati per il passaggio abusivo di persone o per altre cause, l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese ricostruire le parti danneggiate. L'Appaltatore ha l'obbligo di presentare alla D.L. i campioni dei pavimenti che saranno prescritti. Tuttavia la Direzione Lavori ha piena facoltà di provvedere il materiale di pavimentazione. L'Appaltatore, se richiesto, ha l'obbligo di provvedere alla posa in opera al prezzo indicato nell'elenco prezzi ed eseguire il sottofondo, giusta le disposizioni che saranno impartite dalla D.L. stessa.

Per quanto concerne gli interventi da eseguire su manufatti esistenti, l'Appaltatore dovrà evitare l'inserimento di nuovi elementi; se non potesse fare a meno di impiegarli per aggiunte o parziali sostituzioni, essi saranno realizzati con materiali e tecniche che ne attestino l'attuale posa in opera in modo da distinguerli dagli originali; inoltre egli avrà l'obbligo di non realizzare alcuna ripresa decorativa o figurativa in quanto non dovrà ispirarsi ad astratti concetti di unità stilistica e tradurre in pratica le teorie sulla forma originaria del manufatto.

L'Appaltatore potrà impiegare uno stile che imiti l'antico solo nel caso si debbano riprendere espressioni geometriche prive di individualità decorativa.

Se si dovessero ricomporre sovrastrutture ornamentali andate in frammenti, l'Appaltatore avrà l'obbligo di non integrarle o ricomporle con inserimenti che potrebbero alterare l'originaria tecnica artistica figurativa; egli, quindi, non dovrà assolutamente fornire una ricostruzione analoga all'originale.

Sottofondi - Il piano destinato alla posa dei pavimenti, di qualsiasi tipo essi siano, dovrà essere opportunamente spianato mediante un sottofondo, in guisa che la superficie di posa risulti regolare e parallela a quella del pavimento da eseguire ed alla profondità necessaria.

Il sottofondo potrà essere costituito, secondo gli ordini della D.L., da un massetto di calcestruzzo idraulico o cementizio o da un gretonato, di spessore non minore di cm 4 in via normale, che dovrà essere gettato in opera a tempo debito per essere lasciato stagionare per almeno 10 giorni. Prima della posa del pavimento le lesioni eventualmente manifestatesi nel sottofondo saranno riempite e stuccate con un beverone di calce o cemento, e quindi vi si stenderà, se prescritto, lo spianato di calce idraulica (camicia di calce) dello spessore variabile da cm 1,5 a 2. Nel caso che si richiedesse un massetto di notevole leggerezza la D.L. potrà prescrivere che sia eseguito in calcestruzzo di pomice.

Quando i pavimenti dovessero poggiare sopra materie comunque compressibili il massetto dovrà essere costituito da uno strato di conglomerato di congruo spessore, da gettare sopra un piano ben costipato e fortemente battuto, in modo da evitare qualsiasi successivo cedimento.

Pavimenti di laterizi - I pavimenti in laterizi sia con mattoni di piatto sia di costa, sia con piastrelle sarà formato distendendo sopra il massetto uno strato di malta grassa crivellata, sul quale i laterizi si disporranno a filari paralleli, a spina di pesce, in diagonale ecc., comprimendoli affinché la malta rifluisca nei giunti. Le connessioni devono essere allineate e stuccate con cemento e la loro larghezza non deve superare i mm 3 per i mattoni e le piastrelle non arrotate e mm 2 per quelli arrotati.

Pavimenti in mattonelle di cemento con o senza graniglia - Tali pavimenti saranno posati sopra letto di malta cementizia normale, disteso sopra il massetto; le mattonelle saranno premute finché la malta rifluisca nei giunti. Le connessioni debbono essere allineate e stuccate con cemento e la loro larghezza non deve superare mm 1.

Avvenuta la presa della malta i pavimenti saranno arrotati con pietra pomice ed acqua o con mole di carborundum o arenaria, a seconda del tipo, e quelli in graniglia saranno spalmati, in un secondo tempo, con una mano di cera, se richiesta.

Pavimenti in ricomposti lapidei - Con il termine "ricomposti lapidei" si intendono tutti quei prodotti per lo più a base di graniglia lapidea e dalle caratteristiche estetiche e prestazionali diverse. Appartengono a questa categoria di prodotti le graniglie o marmette, i ricomposti di granito con resina poliesteri e i ricomposti di granito con resina poliesteri su rete in fibra di vetro.

- Graniglie. Sono piastrelle formate in appositi stampi e ottenute utilizzando soprattutto cemento bianco ad alta resistenza, micrograniglia selezionata, lavata e depolverizzata, polvere di marmo, sabbia lavata. "Il prodotto potrà essere fornito nella versione prelevigata, con superficie sgrossata da lucidare in opera, e lucida da posare in opera senza ulteriori trattamenti. Potranno essere posati su strato di malta utilizzando cemento colorato impastato con lattice di gomma (fornito dalla stessa azienda produttrice) in modo da ottenere fughe cromaticamente il più possibile simile a quello delle marmette. "La boiacca di finitura, dalla consistenza necessariamente fluida, sarà stesa più volte e in direzioni diverse impiegando delle spatole di gomma. Successivamente si provvederà a tenere bagnata la boiacca almeno per 4-5 giorni. Faranno seguito, nel caso si sia utilizzato un prodotto non prefinito, le normali procedure di levigatura e lucidatura.

"Nel caso di posa con collanti la superficie da trattare dovrà essere compattata e priva di oli, grassi, incrostazioni, ecc. Nel caso di superfici particolarmente assorbenti si rende necessario inumidire accuratamente il fondo con lattice di gomma diluito con acqua. Per la fase di posa in opera si utilizzerà una normale colla per pavimenti che dovrà essere spalmata sulla superficie da rivestire con apposita spatola dentata. A questo punto si

posizioneranno le piastrelle curandone la battitura che dovrà risultare il più uniforme possibile. La boiaccia per la sigillatura delle fughe dovrà essere applicata dopo 2-3 giorni l'avvenuta posa delle marmette. L'eventuale materiale in eccesso di prodotto andrà rimosso con spugne e/o stracci umidi. In entrambi i casi, una piombatura finale potrà evitare qualsiasi ulteriore trattamento in quanto diminuirà la porosità del materiale e di conseguenza il suo potere assorbente.

- Ricomposti lapidei con resina poliestere. Materia prima sarà sempre la graniglia di marmo con eventuale arricchimento e di sabbia silice finissima al 30%. Il legante non sarà più il cemento bensì la resina poliestere al 6% additivata con speciale catalizzatore. Con questa tecnica si ottiene una pietra artificiale dalle elevate doti di resistenza sia all'usura sia agli agenti atmosferici, senza necessitare di particolari operazioni di manutenzione. L'impasto così ottenuto viene pressato sottovuoto con catalisi a caldo e formato in lastre di grandi misure successivamente tagliate nelle diverse misure standard.
- Ricomposti lapidei con resina poliestere su rete in fibra di vetro. Il granulato lapideo (Rosa di Baveno, diorite della Val d'Ossola, Rosso Svezia ecc.) viene miscelato con resine poliesteri ed additivato con graniglia. Quest'ultima operazione avviene su vassoi in acciaio cromato sottoposti a intensa vibrazione. Alla lastra viene poi incorporata una fibra di vetro ed il tutto è coperto con granella di marmo. Il prodotto preparato viene inserito in forni di polimerizzazione e trattato a una temperatura di 240 °C. Il semilavorato ottenuto viene levigato. Le sue caratteristiche principali riguardano l'elevata resistenza all'urto, all'abrasione e agli agenti atmosferici. Nel caso di posa del prodotto su sottofondi esistenti sarà necessario pulire ed irruvidire la superficie oltre a depolverizzarla accuratamente. In caso di posa su sottofondi nuovi, sarà necessario, dopo la preventiva imprimitura dei sottofondi, stendere la malta collante con la spatola americana. Sarà inoltre indispensabile battere leggermente con martello di gomma le lastre posate così da eliminare gli eccessi di malta ed ottenere un livellamento perfetto degli elementi. La pedonabilità si otterrà in un periodo variabile tra le 8 e le 24 ore in relazione al collante impiegato.

Pavimenti in mattonelle greificate - Sul massetto in calcestruzzo di cemento, si distenderà uno strato di malta cementizia magra dello spessore di cm 2, che dovrà essere ben battuto e costipato.

Quando il sottofondo avrà preso consistenza, si poseranno su di esso a secco le mattonelle a seconda del disegno o delle istruzioni che verranno impartite dalla D.L. Le mattonelle saranno quindi rimosse e ricollocate in opera con malta liquida di puro cemento, saranno premute in modo che la malta riempi e sbocchi dalle connessioni e verranno stuccate di nuovo con malta liquida di puro cemento distesi sopra.

Infine la superficie sarà pulita e tirata a lucido con segatura bagnata e quindi con cera.

Le mattonelle greificate, prima del loro impiego, dovranno essere bagnate a rifiuto per immersione.

Pavimenti in ricomposto di quarzo - Le marmette saranno lucide, calibrate e bisellate pronte per la posa di formati vari. Le marmette andranno posate su massetto rasato e asciutto, con collante bicomponente a base di lattice sintetico e sabbia e cemento per uno spessore di mm 3. Sono da prevedere le fughe tra marmetta e marmetta di circa mm 3 da completare con adeguato sigillante.

Pavimenti in lastre di marmo - Per i pavimenti in lastre di marmo si useranno le stesse norme stabilite per i pavimenti in mattonelle di cemento.

Pavimenti in getto di cemento - Sul massetto in conglomerato cementizio verrà disteso uno strato di malta cementizia grassa, dello spessore di cm 2 ed un secondo strato di cemento assoluto dello spessore di mm 5, lisciato, rigato, o rullato secondo quanto prescriverà la D.L.

Pavimenti in legno (parquet) - Tali pavimenti dovranno essere eseguiti con legno di ben stagionato e profilato, di tinta e grana uniforme.

Le doganelle di dimensione di unite a maschio e femmina, saranno chiodate sopra una orditura di listelli di adatta sezione ad interesse non superiore a cm 35, o incollate al sottofondo stesso secondo le disposizioni della D.L. L'orditura di listelli sarà fissata al sottofondo mediante grappe di ferro opportunamente murate.

Lungo il perimetro degli ambienti dovrà collocarsi un coprifilo in legno, o altro materiale secondo disposizione della D.L. da valutarsi a parte, alla unione tra pavimento e pareti.

La posa in opera si effettuerà solo dopo il completo prosciugamento del sottofondo e dovrà essere fatta a perfetta Regola d'Arte, senza discontinuità, gibbosità o altro; le doghe saranno disposte a spina di pesce o a correre con l'interposizione di bindelli fra il campo e l'eventuale fascia di quadratura.

I pavimenti a parquet dovranno essere lavati, levigati e lucidati con doppia spalmatura di cera da eseguirsi, i primi a posa ultimata, l'ultima all'epoca fissata dalla D.L.

Pavimenti in linoleum. Posa in opera - Speciale cura si dovrà adottare per la preparazione dei sottofondi, che potranno essere costituiti da impasto di cemento e sabbia o di gesso e sabbia.

La superficie superiore del sottofondo dovrà essere perfettamente piana e liscia, togliendo gli eventuali difetti con stuccatura a gesso.

L'applicazione del linoleum dovrà essere fatta su sottofondo perfettamente asciutto; nel caso in cui, per ragioni di assoluta urgenza, non si possa attendere il perfetto prosciugamento del sottofondo, esso sarà protetto con vernice speciale detta antiumido.

Quando il linoleum debba essere applicato sopra pavimenti esistenti, si dovranno anzitutto fissare gli elementi del pavimento sottostante che non siano fermi, indi si applicherà su di esso uno strato di gesso dello spessore da mm 2 a 4, sul quale verrà fissato il linoleum.

Applicazione - L'applicazione del linoleum, dovrà essere fatta da operai specializzati, con mastice di resina o con altre colle speciali.

Il linoleum dovrà essere incollato su tutta la superficie e non dovrà presentare rigonfiamenti o altri difetti di sorta.

La pulitura dei pavimenti in linoleum dovrà essere fatta con segatura (esclusa quella di castagno), inumidita con acqua dolce leggermente saponata, che verrà passata e ripassata sul pavimento fino ad ottenere la pulitura.

Il pavimento dovrà poi essere asciugato passandovi sopra segatura asciutta e pulita e quindi strofinato con stracci imbevuti con olio di lino cotto.

Tale ultima applicazione contribuirà a mantenere la plasticità e ad aumentare l'impermeabilità del linoleum.

Art. 4.16.2 - Rivestimenti di pareti

I rivestimenti in materiale di qualsiasi genere dovranno essere eseguiti a perfetta Regola d'Arte, con il materiale prescelto dall'Amministrazione appaltante e conformemente ai campioni che verranno volta a volta eseguiti, a richiesta della Direzione Lavori.

Particolare cura dovrà porsi nella posa in opera degli elementi, in modo che questi, a lavoro ultimato, risultino perfettamente aderenti al retrostante intonaco.

Pertanto i materiali porosi prima del loro impiego dovranno essere immersi nell'acqua sino a saturazione e dopo aver abbondantemente inaffiato l'intonaco delle pareti, alle quali deve applicarsi il rivestimento, saranno allettati con malta cementizia normale, nella quantità necessaria e sufficiente.

Gli elementi del rivestimento dovranno perfettamente combaciare fra di loro e le linee dei giunti, debitamente stuccate con cemento bianco o diversamente colorato dovranno risultare, a lavoro ultimato, perfettamente allineate. I rivestimenti dovranno essere completati con tutti gli eventuali gusci di raccordo ai pavimenti e agli spigoli, con eventuali listelli, cornici ecc.

A lavoro ultimato i rivestimenti dovranno essere convenientemente lavati e puliti.

L'applicazione del linoleum alle pareti sarà fatto nello stesso modo che per i pavimenti, avendo, anche per questo caso, cura di assicurarsi che la parete sia ben asciutta.

Art. 4.16.3 - Opere in marmo, pietre naturali ed artificiali

Le opere in marmo, pietre naturali o artificiali dovranno in generale corrispondere esattamente alle forme e dimensioni risultanti dai disegni di progetto ed essere lavorate a seconda delle prescrizioni generali del presente Capitolato o di quelle particolari impartite dalla D.L. all'atto dell'esecuzione.

Tutti i materiali dovranno avere le caratteristiche esteriori (grana, coloritura e venatura) corrispondente a quelle essenziali della specie prescelta.

Prima di iniziare i lavori, qualora non si sia provveduto in merito avanti all'appalto da parte dell'Amministrazione appaltante, l'Appaltante dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari marmi o pietre e delle loro lavorazioni, e sottoporli all'approvazione della D.L., alla quale spetterà in maniera esclusiva di giudicare se essi corrispondono alle prescrizioni. Detti campioni, debitamente contrassegnati, resteranno depositati negli Uffici della Direzione, quali termini di confronto e di riferimento.

Per quanto ha riferimento con le dimensioni di ogni opera nelle sue parti componenti, la D.L. ha la facoltà di prescrivere le misure dei vari elementi di un'opera qualsiasi (rivestimento, copertina, cornice, pavimento, colonna ecc.), la formazione e disposizione dei vari conci e lo spessore delle lastre come pure di precisare gli spartiti, la posizione dei giunti, la suddivisione dei pezzi, l'andamento della venatura ecc.

Per le opere di una certa importanza, la D.L. potrà, prima che esse vengano iniziate, ordinare all'Appaltatore la costruzione di modelli in gesso, anche in scala al vero, il loro collocamento in sito, nonché l'esecuzione di tutte le modifiche necessarie, a spese dell'Appaltatore stesso, sino ad ottenerne l'approvazione, prima di procedere all'esecuzione della particolare fornitura.

Per tutte le opere infine è fatto obbligo all'Appaltatore di rilevare e controllare a propria cura e spese la corrispondenza delle varie opere ordinate dalla D.L. alle strutture rustiche esistenti, e di segnalare a quest'ultima ogni divergenza od ostacolo, restando esso Appaltatore in ogni caso unico responsabile della perfetta rispondenza dei pezzi all'atto della posa in opera. Esso avrà pure l'obbligo di apportare alle stesse, in corso di lavoro, tutte quelle modifiche che potessero essere richieste dalla D.L.

Art. 4.16.4 - Marmi e pietre naturali

Marmi - Le opere in marmo dovranno avere quella perfetta lavorazione che è richiesta dall'opera stessa, congiunzioni senza risalti e piani perfetti.

Salvo contraria disposizione, i marmi dovranno essere di norma lavorati in tutte le facce viste a pelle liscia, arrotate e pomiciate.

I marmi colorati dovranno presentare in tutti i pezzi le precise tinte e venature caratteristiche della specie prescelta. Potranno essere richiesti, quando la loro venatura si presta, con la superficie vista a spartito geometrico, a macchia aperta, a libro o comunque giocata.

Pietra da taglio - La pietra da taglio da impiegare nelle costruzioni dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata, secondo le prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione Lavori all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a) a grana grossa;
- b) a grana ordinaria;
- c) a grana mezza fina;
- d) a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa, si intenderà quella lavorata semplicemente con la punta grossa senza fare uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà lavorata a grana mezza fina e a grana fina, se le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani e, rispettivamente, a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati per modo che le connessioni fra concio non eccedano la larghezza di mm 5 per la pietra a grana ordinaria e di mm 3 per le altre.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorate a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli né cavità nelle facce o stuccature in mastice o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse tali difetti verrà rifiutata e l'Appaltatore sarà in obbligo di sostituirla immediatamente anche se le scheggiature o ammanchi si verificassero dopo il momento della posa in opera, e ciò fino al collaudo.

Art. 4.16.5 - Pietre artificiali

La pietra artificiale, ad imitazione della naturale, sarà costituita da conglomerato cementizio, formato con cementi adatti, sabbia silicea, ghiaino scelto sottile lavato e graniglia della stessa pietra naturale che s'intende imitare. Il conglomerato così formato sarà gettato entro apposite casseforme, costipandolo poi mediante battitura a mano o pressione meccanica.

Il nucleo sarà dosato con non meno di q 3,5 di cemento Portland per ogni mc d'impasto e non meno di q 4 quando si tratti di elementi sottili, capitelli, targhe e simili. Le superfici in vista, che dovranno essere gettate contemporaneamente al nucleo interno, saranno costituite, per uno spessore non inferiore a cm 2, da impasto più ricco formato con cemento bianco, graniglia di marmo, terre colorate e polvere della pietra naturale che si deve imitare.

Le stesse superfici saranno lavorate all'utensile, dopo perfetto indurimento, in modo da presentare struttura identica, per l'apparenza della grana, tinta e lavorazione, alla pietra naturale imitata; inoltre la parte superficiale sarà gettata con dimensioni esuberanti rispetto a quelle definite, in modo che queste ultime possano poi ricavarsi asportando materia a mezzo di utensili da scalpellino, essendo vietate in modo assoluto le stuccature, le tassellature ed in generale le aggiunte del materiale.

I getti saranno opportunamente armati con tondini di ferro e lo schema dell'armatura dovrà essere preventivamente approvato dalla D.L.

Per la posa in opera dei getti sopra descritti valgono le stesse prescrizioni indicate per i marmi in genere.

La dosatura e la stagionatura degli elementi di pietra artificiale devono essere tali che il conglomerato soddisfi alle seguenti condizioni:

- 1) inalterabilità agli agenti atmosferici;
- 2) resistenza alla rottura per schiacciamento superiore a 300 kg per cm 2 dopo 28 giorni;
- 3) le sostanze adoperate nella miscela non dovranno agire chimicamente sui cementi sia con azione immediata, che con azione lenta e differita; non conterranno quindi acidi, né anilina né gesso; non daranno aumento di volume durante la presa né successiva sfioritura e saranno resistenti alla luce.

La pietra artificiale, da gettare sul posto come paramento di ossature grezze, sarà formata da rinzafo ed arricciatura in malta cementizia, e successivo strato di malta di cemento, con colori e graniglia della stessa pietra naturale da imitare.

Quando tale strato debba essere sagomato per formazione di cornici, oltre che a soddisfare tutti i requisiti sopraindicati, dovrà essere confezionato ed armato nel modo più idoneo per raggiungere la perfetta sua adesione alle murature sottostanti, che saranno state in precedenza debitamente preparate, rese nette e lavate abbondantemente dopo profonde incisioni dei giunti con apposito ferro. Le facce viste saranno poi ottenute in modo perfettamente identico a quella della pietra preparata fuori d'opera, nel senso che saranno ugualmente ricavate dallo strato esterno a graniglia, mediante i soli utensili da scalpellino o marmista, vietandosi in modo assoluto ogni opera di stuccatura, riporti ecc.

Art. 4.17 - Pavimenti e rivestimenti, interventi di conservazione

Art. 4.17.1 - Generalità

Trattasi di interventi specifici e particolari per i quali si dovrà impiegare personale altamente specializzato e ricorrere, se espressamente richiesto, a consulenti tecnici. La D.L. prima di realizzare interventi di preconsolidamento, pulitura, consolidamento e protezione dei manufatti potrà chiedere l'elenco del personale tecnico impiegato per sottoporlo all'approvazione degli organi proposti alla tutela del bene in oggetto.

Dovrà inoltre fare ricorso ad attenti e precisi rilievi dello stato di fatto (geometrico e materico), nonché acquisire sufficiente conoscenza sul quadro patologico generale, tramite analisi fisico-chimiche-mineralogiche e/o analisi in situ di tipo non distruttivo (termovisione, ultrasuoni ecc.).

Prima di procedere al consolidamento di qualsiasi tipo di rivestimento, l'Appaltatore dovrà rimuovere le sostanze patogene in aggressione al materiale (efflorescenze, concrezioni, microrganismi animali e/o vegetali, erbe, arbusti, terriccio, croste nere, macchie scure ecc.) usando materiali, modalità, attrezzi e tempi di lavorazione e di applicazione che, su specifica indicazione della D.L. secondo quanto prescritto dai capitoli specifici relativi alla pulitura dei materiali (Art. 2.11; Art. 4.2) si diversificheranno in relazione al tipo di manufatto, al suo stato di conservazione, alla natura della sostanza in aggressione ed ai risultati delle analisi di laboratorio.

Il fissaggio ed il consolidamento degli strati superficiali che hanno subito una perdita di coesione si dovranno eseguire applicando sostanze adesive aventi le caratteristiche richieste nei capitoli relativi ai materiali consolidanti, per mezzo di pennelli, nebulizzatori, airless, iniettori, sistemi a vuoto od altre tecnologie purché previste dagli elaborati di progetto ed approvate dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Le lesioni profonde andranno stuccate, salvo diverse disposizioni, preferibilmente con malte a base di calce eventualmente additivate.

L'Appaltatore farà aderire alle parti di rivestimento da preconsolidare uno strato in velatino di cotone e/o carta giapponese mediante un adesivo di tipo reversibile diluito con apposito solvente.

La velatura potrà essere rimossa con i prescritti solventi solo quando la D.L. lo riterrà opportuno. Durante e dopo l'intervento, l'Appaltatore dovrà adottare particolari precauzioni onde evitare azioni corrosive e disgregatrici esercitate da agenti biodeteriogeni. Agli adesivi sintetici ed alle malte utilizzate andranno pertanto miscelati prescritti biocidi (fungicidi, algicidi ecc.) con le modalità e nelle quantità consigliate dai produttori e stabilite dalla D.L.

Allo stesso modo i velatini di cotone dovranno essere trattati preventivamente. Rimosse le protezioni le superfici dei rivestimenti andranno opportunamente disinfestate.

Nel caso in cui le superfici oggetto dell'intervento di conservazione dovessero venire protette con l'uso di supporti rigidi, l'Appaltatore dovrà applicarvi, seguendo le modalità di progetto ed le direttive della D.L., un antiadesivo, uno strato ammortizzante o un pannello in legno eventualmente armato e sagomato.

Art. 4.17.2 - Pavimenti in cotto

L'intervento di conservazione di pavimentazioni in cotto verrà eseguito solo dopo la completa verifica del loro stato di degrado, l'individuazione dei sistemi di posa e di ancoraggio al supporto, l'eventuale identificazione di precedenti trattamenti, l'eliminazione di eventuali cause generanti le patologie in aggressione (perdite d'acqua, forte umidità ambientale, umidità da risalita e da condensa, cause meccaniche).

Come per ogni operazione di conservazione si prevederà un ciclo di pulitura seguito da eventuale consolidamento e protezione.

Pulitura - Si effettuerà progressivamente in base alla consistenza fisico-materica del materiale e dei depositi patogeni presenti. Si utilizzeranno inizialmente mezzi meccanici di pulitura generale a secco quali spazzole di saggina, scopinetti, piccole spatole, microtrapani e vibroincisori, onde eliminare polverulenze e depositi macroscopici. Previa verifica del grado di ancoraggio dei manufatti al sottofondo, lo smontaggio e la ricollocazione di quelli in fase di distacco, si potrà procedere al lavaggio della pavimentazione. Si impiegheranno acqua deionizzata e spazzole morbide, prodotti sgrassanti, deceranti e sfilanti per togliere sostanze di vario tipo o precedenti trattamenti. Si potranno impiegare prodotti blandamente acidi, solventi o tensioattivi da applicare con straccio o monospazzola; seguirà abbondante risciacquo con acqua deionizzata. I liquidi residui andranno asportati con macchine aspiraliquidi o stracci.

Consolidamento - Eventuale rimozione di stuccature effettuate con materiale incompatibile (malte di cemento), utilizzando piccoli attrezzi meccanici avendo cura di non incidere e scalfire i manufatti in cotto. Esecuzione di nuove stuccature e/o ristilature utilizzando malta di calce idraulica caricata con cocci pesto o polvere di marmo. Prima del trattamento finale di protezione potrebbe essere utile effettuare un'impregnazione consolidante dei manufatti mediante applicazione a pennello di estere etilico dell'acido silicico.

Protezione - L'applicazione di protettivi dovrà sempre avvenire su pavimento perfettamente pulito ed asciutto; i prodotti si potranno stendere con stracci, a pennello o a rullo.

Su pavimenti interni a forte porosità, a 30 giorni dall'avvenuto eventuale consolidamento con estere etilico, si potrà applicare una prima mano di olio di lino crudo in soluzione al 10% con acqua, una seconda mano al 20% e la stesura finale di cera naturale o sintetica. Su pavimenti esposti all'esterno, a 30 giorni dall'applicazione del consolidante, si potranno applicare a pennello sostanze idrorepellenti a base siliconica avendo l'accortezza di ben saturare anche le fughe. La stesura del prodotto dovrà avvenire su pavimento asciutto e pulito, non esposto ai raggi solari, a temperature adeguate e basso tasso di umidità.

Le manutenzioni dei pavimenti in cotto andranno ripetute periodicamente. Previo lavaggio con blando detergente liquido non schiumogeno, sui pavimenti interni si effettuerà la stesura di cera liquida emulsionata, alla quale seguirà lucidatura con feltro o panno di lana. Sugli esterni andrà ripetuto il trattamento con idrorepellente almeno ogni 10 anni.

Art. 4.17.3 - Pavimenti in legno

Come per i pavimenti in cotto, l'intervento conservativo di pavimentazioni lignee avverrà solo dopo la completa verifica del loro stato di degrado, l'individuazione dei sistemi di posa e di ancoraggio al supporto, l'eventuale identificazione di precedenti trattamenti, l'eliminazione di eventuali cause generanti le patologie in aggressione (perdite d'acqua, forte umidità ambientale, umidità da risalita e da condensa, cause meccaniche, attacchi biologici).

Andranno rimossi con molta cautela tutti i depositi e le polverulenze presenti utilizzando sistemi a secco, stracci, scopinetti ed eventuali macchine aspirapolvere. Andrà in seguito verificato lo stato dei singoli listoni, ricollocando tramite chiodatura o incollaggio quelli non più ancorati al supporto, stuccando eventuali fessure con appositi prodotti a stucco da mescolare con polvere di legno. Le pavimentazioni subiranno quindi intervento di lamatura e raschiatura superficiale con spazzole a smeriglio. La protezione finale potrà essere garantita tramite applicazione di olio di lino e, a pavimento completamente asciutto, di doppia mano di cera da lucidare con feltri o panni di lana. In alternativa potranno applicarsi a pennello, a rullo, a spatola piatta d'acciaio tre mani di vernice semilucida in solvente o vernici polimeriche ecologiche all'acqua. La temperatura di applicazione del legno deve essere tra i 15 e i 25 °C, mentre l'umidità del materiale non deve superare la soglia massima del 15% e la minima del 5%. Durante la verniciatura il pavimento deve essere protetto dall'irraggiamento solare diretto e dalla ventilazione eccessiva.

Art. 4.17.4 - Pavimenti in marmette e in seminato alla veneziana

Prima di effettuare qualsiasi tipo di trattamento si avrà l'obbligo di verificare lo stato di degrado e di consistenza materica dei pavimenti e del loro sottofondo. Effettuata una prima pulitura superficiale utilizzando acqua, detergenti non schiumogeni, spazzole e scopinetti, andrà controllato l'eventuale quadro fessurativo. Ristilature e stuccature potranno effettuarsi utilizzando malta idraulica additivata con cocchio pesto o polvere di marmo. Il trattamento finale prevede la lucidatura a piombo delle pavimentazioni utilizzando macchine di tipo leggero e l'applicazione di doppia mano di cere neutre da lucidare con feltri e panni.

Art. 4.17.5 - Dipinti murali

Si effettueranno interventi sempre e solo dopo preventive indagini diagnostiche da effettuarsi sui cromatismi esistenti, sui loro supporti e su tutto il quadro patologico dietro precise indicazioni ed autorizzazioni della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Gli interventi previsti sui dipinti murali non si dovranno mai preoccupare di reintegrare in alcun modo, operando manomissioni e falsificazioni, l'opera oggetto di intervento. Saranno esclusivamente ammessi interventi volti alla salvaguardia dell'oggetto, alla sua conservazione, alla sua protezione e consolidamento. L'Appaltatore, se richiesto e/o se strettamente necessario per meglio salvaguardare il manufatto oggetto di intervento, provvederà a reintegrare eventuali parti mancanti mediante una stuccatura di livello leggermente inferiore a quello originale, con malte dalle caratteristiche tecniche il più possibile simili a quelle dell'intonaco originario. Su tali stuccature si potranno eventualmente prevedere, secondo indicazioni della D.L., interventi di uniformazione pittorica tramite leggere velature, adottando in ogni caso criteri di riconoscibilità e reversibilità.

Qualora venisse richiesto il restauro in situ di dipinti murali, l'Appaltatore dovrà fare ricorso esclusivamente a tecnici specializzati e, salvo diverse prescrizioni, avrà cura di:

- rimuovere con ogni cautela secondo gli accorgimenti riportati all'Art. 4.17.1 del presente Capitolato, tutti quegli elementi che, ad insindacabile giudizio della D.L., risultino estranei, e/o possano arrecare danno o degrado all'opera oggetto di intervento. In ogni caso egli non dovrà mai asportare lo strato di colore avendo cura di conservare sia la patina sia la vernice antica;
- su superfici decorate a tempera, nel caso di presenza diffusa di aloni di umidità, efflorescenze saline, depositi carboniosi, si dovrà operare un intervento di pulitura molto leggero in modo da non intaccare minimamente i cromatismi esistenti. Si potranno utilizzare metodi di pulitura a secco tramite impiego di aspiratori a bassa pressione, pennelli a setole morbide, mollica di pane. Eventuale utilizzo di tampone inumidito con acqua deionizzata per asportazione di aloni non eliminabili con i precedenti metodi; questa operazione avverrà non prima di aver effettuato piccoli provini per valutare la consistenza della tinta. In ogni caso su cromatismi, pitturazioni e decorazioni esistenti non saranno ammesse integrazioni di sorta, se non su espressa richiesta della D.L.;
- prima di procedere al consolidamento dei distacchi, si dovrà procedere al fissaggio preventivo delle scaglie di colore mediante soluzione di caseinato di aminonio al 2,5% (con caseina pura filtrata), in acqua deionizzata, nebulizzata sulle superfici interessate dal fenomeno. Su malte dorate o su pitture fortemente esfoliate, l'aspersione con resine acriliche in soluzione, ancora le parti decoese al supporto proteggendole da lavaggi e spazzolature, uniformando la superficie in vista del successivo intervento totale di riadesione al supporto;
- consolidare le parti distaccate con le tecniche prescritte al fine di eliminare i difetti di adesione tra i vari strati.

Se dovranno essere impiegati adesivi a base di resine sintetiche in emulsione o in soluzione, le cui caratteristiche saranno quelle richieste dai capitoli relativi ai singoli materiali ed alle loro specifiche tecniche di consolidamento,

saranno comunque esclusivamente di tipo reversibile e diluiti con acqua o con il prescritto solvente in base al rapporto di diluizione richiesto dalla D.L.

Qualora gli adesivi si dovessero additivare o caricare con sostanze inerti, esse dovranno essere di tipo esclusivamente inorganico (carbonato di calcio, sabbia lavata fine ed altri materiali simili esenti da sali e da impurità).

Qualora la superficie da consolidare sia fortemente gessificata si può operare un intervento su base chimica, già descritto fra i metodi particolari di pulitura, somministrando carbonato di ammonio e, successivamente, idrossido di bario (soluzioni acquose concentrate in impacchi di pasta di legno su carta giapponese).

Le malte di calce e sabbia da usare per iniezioni consolidanti, dovranno essere additivate, se prescritto, con additivi sintetici o minerali ad azione leggermente espansiva.

In ogni caso adesivi, additivi, dosi e metodologie saranno prescritti dalla D.L. in base alle analisi preliminari da effettuarsi sui materiali come prescritto alle singole voci del presente Capitolato. L'Appaltatore, a lavori conclusi, sarà tenuto a proteggere le superfici oggetto dell'intervento.

Art. 4.17.6 - Mosaici

Nel caso in cui si dovessero eseguire lavori di conservazione in situ su mosaici parietali, l'Appaltatore dovrà provvedere all'esportazione delle sostanze estranee presenti sulle superfici secondo le modalità prescritte dall'Art. 4.17.1 del presente Capitolato.

Dovranno altresì rispettarsi le indicazioni fornite in apertura dell'Art. 4.17.2 relativamente ad eventuali integrazioni.

In relazione al tipo di degrado, ai risultati delle diagnosi ed alle prescrizioni di progetto si dovranno proteggere tutte le parti ancora conservate con i sistemi ed i materiali prescritti.

Andranno corretti, dove possibile, i difetti di adesione fra gli strati utilizzando opportuni adesivi o altri sistemi di fissaggio autorizzati (tasselli e perni in fibra di vetro).

Il manto musivo potrà essere distaccato solo nel caso in cui fossero presenti sulla superficie del mosaico profonde fessurazioni.

Previa idonea velatura si asporteranno solo piccole sezioni in base all'andamento degli elementi figurativi.

Il manto potrà essere ricollocato utilizzando malte di calce caricate con sabbia o pozzolana ed additivate con sostanze minerali, procedendo parallelamente alla eventuale stuccatura dei vuoti sempre utilizzando malta a base di calce e sabbia Ticino.

L'Appaltatore dovrà inoltre fornire i supporti rigidi di sostegno richiesti dalla D.L. e rimuovere, ultimati i lavori, i materiali e le strutture di protezione.

Sui mosaici pavimentali si procederà in modo analogo rimuovendo preventivamente le sostanze estranee secondo le modalità già descritte.

L'Appaltatore dovrà prima di ogni operazione perimetrare la zona di intervento tramite idonei picchetti con altezza minima di cm 30.

Andranno in seguito realizzate apposite stuccature parabordi con malta di calce e sabbia miscelata con alghicidi; andrà poi collocato uno strato d'isolante inorganico del tipo stabilito dalla D.L.

Si procederà quindi a fissare e a consolidare tutte le parti in fase di distacco secondo le modalità i sistemi e i materiali, prescritti dall'Art. 4.17.1 del presente Capitolato (stuccare le lesioni profonde, eseguire le velature, fornire e collocare i supporti rigidi di sostegno, rimuovere, a lavori ultimati, i materiali e le strutture di protezione).

Nel caso in cui gli elaborati di progetto o i risultati delle diagnosi effettuate preventivamente dovessero richiedere il distacco per sezioni del rivestimento ed il successivo riposizionamento, l'Appaltatore, attenendosi alle modalità descritte dall'Art. 4.17.1 del presente Capitolato, dovrà eseguire un preciso e dettagliato rilievo dell'esistente, pulire e rimuovere le concrezioni, eseguire le velature. In seguito andrà tracciata la griglia di taglio e fissati i segni di riferimento.

Si potrà quindi effettuare il distacco ed il taglio delle sezioni, collocare le parti distaccate su predisposti supporti avendo la cura di conservare i rivestimenti in luoghi asciutti, protetti e ventilati.

Andranno in seguito effettuate operazioni puntuali di pulitura rimuovendo dalle tessere o mattonelle ogni residuo della malta dall'allettamento per mezzo di idonei attrezzi.

I supporti andranno allo stesso tempo consolidati e preparati per il riposizionamento dei manufatti previo eventuale montaggio del pavimento su pannelli in resina sintetica.

La ricollocazione dei pannelli o dei pavimenti si effettuerà utilizzando la malta prescritta.

Qualora i mosaici fossero di piccole dimensioni ed a superficie piana il distacco potrà essere eseguito a blocco unico.

Art. 4.17.7 - Materiali lapidei di rivestimento

I lavori di restauro di elementi lapidei dovranno essere eseguiti con le metodologie ed i materiali prescritti dall'Art. 4.2, 4.3 e 4.4 del presente Capitolato ed attenendosi alle Note sui Trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapidari elaborate dal Laboratorio Prove sui Materiali ICR Roma 1977.

L'Appaltatore, accertato mediante le prescritte analisi lo stato di conservazione del manufatto, dovrà variare le modalità d'intervento in relazione al tipo di degrado. In linea di massima per il consolidamento di lastre da rivestimento si farà riferimento all'Art. 4.12 del presente Capitolato.

Se il materiale lapideo dovesse presentare superfici microfessurate e a scaglie, queste ultime, prima dell'esecuzione della pulizia, dovranno essere fissate con i prescritti adesivi. L'Appaltatore, inoltre, dovrà eseguire le velature facendo aderire la carta giapponese alle scaglie mediante resine reversibili diluite in tri-cloro-etano.

Infine, consoliderà l'intera struttura dell'elemento lapideo iniettando le stesse resine meno diluite.

Se il materiale lapideo dovesse presentare superfici fessurate in profondità e ricoperte da ampie scaglie, l'Appaltatore dovrà fissare le parti instabili con adeguati sistemi di ancoraggio (vincoli meccanici di facile montaggio e rimozione, strutture lignee ecc.).

Quindi, completate le lavorazioni, dovrà consolidare l'elemento lapideo con i sistemi ed i materiali prescritti e provvedere alla rimozione delle strutture di protezione.

Art. 4.18 - Intonaci e decorazioni, interventi di conservazione

Art. 4.18.1 - Intonaci

Gli intonaci in genere dovranno essere eseguiti in stagione opportuna, dopo aver rimossa dai giunti delle murature la malta aderente, ripulita ed abbondantemente bagnata la superficie della parete stessa.

Gli intonaci, di qualunque specie siano (lisci, a superficie rustica, a bugne, per cornici e quanto altro), non dovranno mai presentare peli, crepature irregolarità negli allineamenti e negli spigoli, o altri difetti.

Quelli comunque difettosi o che non presentassero la necessaria aderenza alle murature dovranno essere demoliti e rifatti dall'Appaltatore a sue spese.

La calce da usarsi negli intonaci dovrà essere estinta da almeno tre mesi per evitare scoppiettii, sfioriture e screpolature, verificandosi le quali sarà a carico dell'Appaltatore fare tutte le riparazioni occorrenti.

Ad opera finita l'intonaco dovrà avere uno spessore non inferiore a mm 15.

Gli spigoli sporgenti o rientranti verranno eseguiti ad angolo vivo oppure con opportuno arrotondamento a seconda degli ordini che in proposito darà la Direzione Lavori.

Particolarmente per ciascun tipo di intonaco si prescrive quanto appresso.

Intonaco grezzo o arriciatura - Predisposte le fasce verticali, sotto regola di guida, in numero sufficiente verrà applicato alle murature un primo strato di malta comune detto rinzaffo, gettato con forza in modo che possa penetrare nei giunti e riempirli. Dopo che questo strato sarà alquanto asciutto, si applicherà su di esso un secondo strato della medesima malta che si stenderà con la cazzuola o col frattazzo, stuccando ogni fessura e togliendo ogni asprezza, sicché le pareti riescano, per quanto possibile, regolari.

Intonaco comune o civile - Appena l'intonaco grezzo avrà preso consistenza, si stenderà su di esso un terzo strato di malta fina, che si conguaglierà con le fasce di guida per modo che l'intera superficie risulti piana ed uniforme, senza ondeggiamenti e disposta a perfetto piano verticale o secondo le superfici degli intradossi.

Intonaci colorati - Per gli intonaci delle facciate esterne, potrà essere ordinato che alla malta da adoperarsi sopra l'intonaco grezzo siano mischiati i colori che verranno indicati per ciascuna parte delle facciate stesse.

Per dette facciate potranno venire ordinati anche i graffiti, che si otterranno aggiungendo ad uno strato di intonaco colorato, come sopra descritto, un secondo strato pure colorato ad altro colore, che poi verrà raschiato, secondo opportuni disegni, fino a far apparire il precedente. Il secondo strato di intonaco colorato dovrà avere lo spessore di almeno mm 2.

Intonaco a stucco - Sull'intonaco grezzo sarà sovrapposto uno strato alto almeno mm 4 di malta per stucchi, che verrà spianata con piccolo regolo e governata con la cazzuola così da avere pareti perfettamente piane nelle quali non sarà tollerata la benché minima imperfezione.

Ove lo stucco debba colorarsi, nella malta verranno stemperati i colori prescelti dalla D.L.

Intonaco a stucco lucido - Verrà preparato con lo stesso procedimento dello stucco semplice; l'abbozzo deve essere preparato con maggiore diligenza e deve essere di uniforme grossezza ed assolutamente privo di fenditure.

Spianato lo stucco, prima che esso sia asciutto si bagna con acqua in cui sia sciolto del sapone di Genova e quindi si comprime e si tira a lucido con ferri caldi, evitando qualsiasi macchia, la quale sarà sempre da attribuire a cattiva esecuzione del lavoro.

Terminata l'operazione si bagna lo stucco con la medesima soluzione saponacea, lisciandolo con pannolino.

Rabbocature - Le rabbocature che occorressero su muri vecchi o comunque non eseguiti con faccia vista in malta o sui muri a secco saranno formate con malta di calce.

Prima dell'applicazione della malta, le connessioni saranno diligentemente ripulite, fino a conveniente profondità, lavate con acqua abbondante e quindi riscagliate e profilate con apposito ferro.

art. 4.18.2 - Decorazioni

Nelle facciate esterne, nei pilastri e nelle pareti interne saranno formati i cornicioni, le lesene, gli archi, le fasce, gli aggetti, le riquadrature, i bassifondi ecc., in conformità dei particolari che saranno forniti dalla D.L., nonché fatte le decorazioni, anche policrome, che pure saranno indicate, sia con colore a tinta sia a graffito.

L'ossatura dei cornicioni, delle cornici e delle fasce sarà formata, sempre in costruzione, con più ordini di pietre o di mattoni e anche in conglomerato semplice o armato, secondo lo sporto e l'altezza che le conviene.

Per i cornicioni di grande sporto saranno adottati i materiali speciali che prescriverà la D.L., oppure sarà provveduto alla formazione di apposite lastre in cemento armato con o senza mensole.

Tutti i cornicioni saranno contrappesati opportunamente e, ove occorra, ancorati alle murature inferiori.

Per le pilastrate o mostre di porte e finestre, quando non sia diversamente disposto dalla D.L., l'ossatura dovrà sempre essere eseguita contemporaneamente alla costruzione.

Predisposti i pezzi dell'ossatura nelle stabilite proporzioni e sfettate in modo da presentare l'insieme del proposto profilo, si riveste tale ossatura con un grosso strato di malta, e si aggiusta alla meglio con la cazzuola. Prosciugato questo primo strato si abbozza la cornice con un calibro o sagoma di legno, appositamente preparato, ove sia tagliato il controllo della cornice, che si farà scorrere sulla bozza con la guida di un regolo di legno. L'abbozzo, come avanti predisposto, sarà poi rivestito con apposita malta di stucco da tirarsi e lisciarsi convenientemente.

Quando nella costruzione delle murature non siano state predisposte le ossature per lesene, cornici, fasce, ecc., e queste debbano quindi applicarsi completamente in aggetto, o quando siano troppo limitate rispetto alla decorazione, o quando infine possa temersi che la parte di rifinitura delle decorazioni, per eccessiva sporgenza o per deficiente aderenza all'ossatura predisposta, col tempo possa staccarsi, si curerà di ottenere maggiore e più solido collegamento della decorazione sporgente alle pareti o alle ossature mediante infissione in esse di adatti chiodi, collegati fra loro con filo di ferro del diametro di mm 1, attorcigliato ad essi e formante maglia di cm 10 circa di lato.

Decorazioni a cemento - Le decorazioni a cemento delle porte e delle finestre e quelle parti ornate dalle cornici, davanzali, pannelli, ecc. verranno eseguite in conformità dei particolari architettonici forniti dalla D.L. Le parti più sporgenti dal piano della facciata ed i davanzali saranno formati con speciali pezzi prefabbricati di conglomerato cementizio dosato a kg 400 gettato in apposite forme all'uopo predisposte a cura e spese dell'Appaltatore, e saranno opportunamente ancorati alle murature. Quando tali pezzi siano a faccia liscia, verranno lavorati con le norme di cui all'Art. il resto della decorazione, meno sporgente, sarà fatta in posto, con ossatura di cotto o di conglomerato cementizio, la quale verrà poscia, con malta di cemento, tirata in sagome e lisciata.

Per le decorazioni in genere, siano queste da eseguirsi a stucco, in cemento o in pietra, l'Appaltatore è tenuto ad approntare il relativo modello in gesso al naturale, a richiesta della D.L.

Art. 4.18.3 - Interventi di conservazione

Gli interventi di conservazione sugli intonaci e sulle decorazioni saranno sempre finalizzati alla massima tutela della loro integrità fisico-materica; l'Appaltatore dovrà pertanto, evitare demolizioni, rimozioni e dismissioni tranne quando espressamente ordinato dalla D.L. e solo ed esclusivamente gli intonaci risultino irreversibilmente alterati e degradati, evidenziando eccessiva perdita di legante, inconsistenza, evidenti fenomeni di sfarinamento e distacco.

Le operazioni di intervento andranno pertanto effettuate salvaguardando il manufatto e distinguendo in modo chiaro le parti eventualmente ricostruite.

I materiali da utilizzarsi per l'intervento di conservazione dovranno essere accettate dalla D.L., possedere accertate caratteristiche di compatibilità fisica, chimica e meccanica con l'intonaco esistente ed il suo supporto.

Art. 4.18.3.1 - Conservazione di intonaci distaccati mediante iniezioni

a base di miscele idrauliche

Questi interventi consentono di ripristinare la condizione di adesività fra intonaco e supporto, sia esso la muratura o un altro strato di rivestimento, mediante l'applicazione o l'iniezione di una miscela adesiva che presenti le stesse caratteristiche dell'intonaco esistente e cioè:

- a) forza meccanica superiore, ma in modo non eccessivo, a quella della malta esistente;
- b) porosità simile;
- c) ottima presa idraulica;
- d) minimo contenuto possibile di sali solubili potenzialmente dannosi per i materiali circostanti;
- e) buona plasticità e lavorabilità;
- f) basso ritiro per permettere il riempimento anche di fessure di diversi millimetri di larghezza.

Il distacco può presentare buone condizioni di accessibilità (parti esfoliate, zone marginali di una lacuna), oppure può manifestarsi senza soluzioni di continuità sulla superficie dell'intonaco, con rigonfiamenti percettibili al tocco o strumentalmente.

Nel primo caso la soluzione adesiva può essere applicata a pennello direttamente sulle parti staccate, ravvicinandole al supporto. Nel caso in cui la zona non sia direttamente accessibile, dopo aver ispezionato le superfici ed individuate le zone interessate da distacchi, l'Appaltatore dovrà eseguire delle perforazioni con attrezzi ad esclusiva rotazione limitando l'intervento alle parti distaccate.

Egli altresì, iniziando la lavorazione a partire dalla quota più elevata, dovrà:

- aspirare mediante una pipetta in gomma i detriti della perforazione e le polveri depositatesi all'interno dell'intonaco;
- iniettare con adatta siringa una miscela acqua/alcool all'interno dell'intonaco al fine di pulire la zona distaccata ed umidificare la muratura;
- applicare all'interno del foro un batufolo di cotone;
- iniettare, attraverso il batufolo di cotone, una soluzione a base di adesivo acrilico in emulsione (primer) avendo cura di evitare il reflusso verso l'esterno;

- attendere che l'emulsione acrilica abbia fatto presa;
- iniettare, dopo aver asportato il batufolo di cotone, la malta idraulica prescritta operando una leggera, ma prolungata pressione sulle parti distaccate ed evitando il percolamento della miscela all'esterno.

Qualora la presenza di alcuni detriti dovesse ostacolare la ricollocazione nella sua posizione originaria del vecchio intonaco, oppure impedire l'ingresso della miscela, l'Appaltatore dovrà rimuovere l'ostruzione con iniezioni d'acqua a leggera pressione oppure attraverso gli attrezzi meccanici consigliati dalla D.L.

Per distacchi di lieve entità, fra strato e strato, con soluzioni di continuità dell'ordine di mm 0,5, non è possibile iniettare miscele idrauliche, per cui si può ricorrere a microiniezioni a base di sola resina, per esempio un'emulsione acrilica, una resina epossidica o dei silani. Per distacchi estesi si potrà utilizzare una miscela composta da una calce idraulica, un aggregato idraulico, un adesivo fluido, ed eventualmente un fluidificante. L'idraulicità della calce permette al preparato di far presa anche in ambiente umido; l'idraulicità dell'aggregato conferma le proprietà e conferisce maggiore resistenza alla malta; l'adesivo impedisce in parte la perdita di acqua appena la miscela viene a contatto con muratura e intonaco esistente; il fluidificante eleva la lavorabilità dell'impasto.

Come legante si usano calci idrauliche naturali bianche, con additivo collante tipo resina acrilica; gli aggregati consigliati sono la pozzolana superventilata e lavata (per eliminare eventuali sali) e il cocchiopesto, con gluconato di sodio come fluidificante.

Art. 4.18.3.2 - Conservazione di intonaci e decorazioni distaccati mediante microbarre di armatura

Previa accurata ispezione di intonaci e decorazioni in modo da individuare con precisione tutte le parti in fase di distacco, l'Appaltatore avrà l'obbligo di mettere in sicurezza tramite puntellature e/o altri accorgimenti le zone che potrebbero accusare notevoli danni a causa delle sollecitazioni prodotte dai lavori di conservazione.

Quindi dovrà:

- praticare delle perforazioni aventi il diametro e la profondità prescritti dagli elaborati di progetto o ordinati dalla D.L.;
- aspirare mediante una pipetta in gomma i detriti della perforazione e le polveri depositatesi;
- iniettare con adatta siringa una miscela acqua/alcool all'interno dell'intonaco al fine di pulire la zona distaccata ed umidificare la muratura;
- applicare all'interno del foro un batufolo di cotone;
- provvedere alla sigillatura delle zone in cui si siano manifestate, durante la precedente iniezione, perdite di liquido;
- iniettare, se richiesto, attraverso il batufolo di cotone, una soluzione a base di adesivo acrilico in emulsione (primer);
- iniettare, dopo aver asportato il batufolo di cotone, una parte della miscela idraulica in modo da riempire circa il 50% del volume del foro;
- collocare la barra di armatura precedentemente tagliata a misura (vetroresine, PVC);
- iniettare la rimanente parte di miscela idraulica evitando il percolamento della miscela all'esterno.

art. 4.18.3.3 - Utilizzo della tecnologia del vuoto

La tecnologia del vuoto si potrà utilizzare in combinazione con le lavorazioni di cui ai precedenti articoli operando la depressione mediante l'ausilio di speciali pompe vuoto e di teli in polietilene.

Le modalità operative e le sostanze, da utilizzare andranno concordate con la D.L. in ottemperanza con quanto stabilito dagli Artt. 2 - Cap. V (Elenco degli addetti da utilizzare per opere specialistiche); Artt. 4.2, 4.3, 4.4, (pulitura, consolidamento, protezione dei materiali; malte e conglomerati); Artt. 2.1, 2.12, (materiali in genere; prodotti impregnanti in genere).

Sarà assolutamente vietato l'utilizzo come sigillanti in pasta di sostanze elastomeriche.

Art. 4.18.3.4 - Conservazione di decorazioni a stucco

Prima di procedere a qualsiasi intervento di conservazione sarà indispensabile effettuare una complessiva verifica preliminare dello stato materico, statico e patologico dei manufatti (indagine visiva, chimica e petrografica). Il quadro patologico andrà restituito tramite specifica mappatura in grado di identificare soluzioni di continuità presenti, distacchi, fessurazioni, lesioni, deformazioni, croste superficiali.

Si procederà successivamente con cicli di pulitura consolidamento e protezione. Saranno da evitare operazioni di integrazione, sostituzione e rifacimento di tutte le porzioni mancanti o totalmente compromesse finalizzate alla completa restituzione dell'aspetto cosiddetto "originale". Eventuali integrazioni saranno funzionali alla conservazione del manufatto ed alla eventuale complessiva leggibilità.

Pulitura - Andrà eseguita utilizzando spazzole morbide, gomme, bisturi, aspiratori di polveri, acqua distillata e spugne. In alcuni casi potrà essere impiegata la pulitura di tipo fisico per mezzo di sistemi laser. Eventuali depositi carboniosi, efflorescenze saline, croste scure andranno eliminate con impacchi a base di carbonato di ammonio e idrossido di bario.

Consolidamento - Crepe e fessurazioni andranno riprese secondo l'entità (estensione e profondità). Si potranno impiegare impasti a base di leganti idraulici e di inerti selezionati di resine acriliche, resine epossidiche bicomponenti, malte tradizionali in grassello di calce. Distacchi e sacche tra crosta e malta o tra malta e supporto verranno consolidati tramite iniezioni sottocorticali impiegando malte antiritiro a base di leganti idraulici e inerti selezionati. In

alternativa si potranno utilizzare consolidanti chimici o ricorrere all'ancoraggio "strutturale" utilizzando barrette in PVC, vetroresina, ottone filettato o ancorando l'armatura del pezzo a sistemi di gancio-tirante. Eventuali forme distaccate rilevate in situ potranno essere posizionate previo loro consolidamento da eseguirsi per iniezione o per impacco. Potranno essere impiegate resine acriliche caricate con silice micronizzata, malte antiritiro da iniezione composte da leganti idraulici e inerti selezionati, resine epossidiche bicomponenti, malte epossidiche bicomponenti. Il riancoraggio potrà essere garantito mediante l'utilizzo di microbarre in PVC, titanio, acciaio di diametri vari (4-6-8 mm), piuttosto che ancorette in ottone filettato fissate con resine. Per il miglior aggancio si sceglieranno spine di innesto di forma e numero diversificato.

Protezione - La protezione finale degli stucchi potrà effettuarsi tramite applicazione di prodotti diversificati in base al tipo di degrado generale ed all'esposizione. Per manufatti ben conservati e non direttamente esposti ad agenti atmosferici, si potranno applicare scialbi all'acquarello o pigmenti in polvere (eventualmente utili a ridurre l'interferenza visiva nel caso di manufatti monocromi, policromi o dorati), cere microcristalline. Per stucchi non ben conservati e non esposti a forte umidità si potranno applicare resine acriliche in soluzione; idrorepellenti silossanici per manufatti esposti e facilmente aggredibili da acque meteoriche ed umidità: in questi ultimi due casi, prima della protezione finale si potranno effettuare scialbature con pigmenti in polvere.

Art. 4.18.3.5 - Stuccature e trattamento delle lacune

Gli impasti utilizzabili per le stuccature dovranno essere simili ai preparati da iniettare nelle zone distaccate, con alcune accortezze: scegliere aggregati che non contrastino eccessivamente, per colore, granulometria, con l'aspetto della malta esistente; rendere spalmabile l'impasto a spatola diminuendo la quantità di acqua o aggiungendo della silice micronizzata; evitare di usare malte di sola calce e sabbia, che possono dar luogo ad aloni biancastri di carbonato di calcio sulle parti limitrofe.

Fra i preparati più diffusi si potrà utilizzare un impasto di grassello di calce e di polvere di marmo o di cocchiopesto, additivati con resine. Se le fessure sono profonde si procede al riempimento dapprima con uno stucco idraulico (formato da grassello di calce con aggregati grossolani di cocchiopesto o pozzolana), per rifinire poi la parte superficiale con un impasto più fine (vedi Art. 6 e 8.5).

Per lesioni strutturali si potranno utilizzare anche miscele a base di malte epossidiche, che hanno però un modulo elastico molto alto e presentano scarsa resistenza all'azione dei raggi ultravioletti, per cui non è consigliabile la loro applicazione in superficie, ma soltanto in stuccature profonde, o come adesivi strutturali.

Per le zone di una facciata dove siano presenti delle lacune si potrà intervenire secondo due metodologie conservative secondo le indicazioni della D.L.: una tesa alla ricostituzione dell'omogeneità e della continuità della superficie intonacata e l'altra mirata invece a mantenere intatte anche dal punto di vista percettivo le disomogeneità dell'elemento.

Nel primo caso l'intervento consisterà nell'applicazione di un impasto compatibile con il materiale esistente in modo da ricostituire non tanto un'omogeneità estetica della facciata, quanto una continuità prestazionale del rivestimento.

Per sottolineare la discontinuità dei materiali si applicheranno i rappezzi in leggero sottosquadro, in modo da differenziarli ulteriormente e da renderli immediatamente leggibili come novità. Nel secondo caso sarà la muratura scoperta ad essere trattata in modo da recuperare il grado di protezione di cui è stata privata dalla caduta del rivestimento: procedendo contemporaneamente alla sigillatura dei bordi delle zone intonacate, così da evitare infiltrazioni d'acqua o la formazione di depositi polverosi.

Nelle malte da impiegare nella realizzazione di rappezzi è fondamentale la compatibilità dei componenti, soprattutto per quanto riguarda il comportamento rispetto alle variazioni di temperatura e di umidità atmosferiche e la permeabilità all'acqua e al vapore.

Si potranno pertanto impiegare malte a base di grassello di calce additivato con polveri di marmo o altro aggregato carbonatico, eventualmente mescolato a polvere di cocchiopesto, avendo cura di eliminare la frazione polverulenta. A questi impasti possono essere mescolati composti idraulici o resine acriliche, per favorire l'adesività ed evitare un ritiro troppo pronunciato e la comparsa di fessurazioni.

Art. 4.18.3.6 - Trattamento conservativo di pareti intonacate con malte a base di calce

Una volta eseguite tutte le operazioni di diagnosi preventiva (analisi chimico-fisiche, al microscopio ottico per campioni significativi, indagini termovisive, stratigrafiche) volte ad acquisire piena conoscenza dello stato materico-patologico degli intonaci, del loro grado di ancoraggio al supporto, della tipologia di finitura, determinate le cause di degrado diretto e/o indiretto (in special modo individuando e quantificando la presenza di umidità ascendente, discendente e da condensa), restituite graficamente le mappature delle fenomenologie riscontrate ed individuate, verificata la possibilità di effettiva conservazione dei manufatti, si potrà procedere all'intervento che prevede operazioni di pulitura, consolidamento e protezione.

Pulitura

Verrà calibrata rispetto al grado di conservazione del paramento, degli agenti patogeni che andranno selettivamente eliminati e del tipo di finitura pittorica presente.

Andrà effettuata un'accurata pulitura con stracci, scopinetti e spazzole di nailon, di saggina, di setole naturali al fine di togliere tracce di sporco e residui facilmente asportabili anche di precedenti pitturazioni in fase di distacco (specialmente se di tipo acrilico). Nel caso fossero presenti depositi di microrganismi si dovrà procedere irrorando la superficie con adatti biocidi (benzalcloruro di sodio all'1% o ipoclorito di litio all'1-2%). Potrà seguire un'eventuale pulitura di tipo meccanico a carattere puntuale utilizzando piccoli attrezzi (spatole, scalpelli, vibroincisori) onde eliminare stuccature incoerenti, depositi consistenti, pellicole incoerenti di intonaco in fase di distacco. Una successiva pulitura generalizzata impiegando microaeroabrasivo a bassa pressione. L'abrasivo utilizzato sarà di norma costituito da microsfele di vetro di mm 0,04 o, in alternativa, da ossido di alluminio di 150/180/200 mesh, durezza scala Mohs=9. La pressione del getto, che utilizzerà aria compressa disidratata (filtraggio attraverso essiccatore contenente cloruro di sodio o gel di silice), dovrà essere finemente regolabile e potrà variare in esercizio tra 0,5 e 3 atm. Il diametro dell'ugello potrà variare da mm 3 a 5. In ogni caso il tipo di abrasivo, il diametro dell'ugello e la pressione d'esercizio saranno determinati dalla D.L. effettuando preventivamente piccoli campionature di prova. Per la rimozione di macchie e depositi più consistenti si potrà ricorrere all'utilizzo di impacchi con polpa di cellulosa, sepiolite, carbonato d'ammonio ed acqua distillata (i tempi applicativi si stabiliranno effettuando ridotte campionature).

Consolidamento

In base allo stato di conservazione dei rivestimenti si potrà optare per un intervento di consolidamento corticale.

Si opererà un trattamento tramite applicazione ad airless di estere etilico dell'acido silicico da eseguirsi solo ed esclusivamente su superfici perfettamente asciutte. La quantità di prodotto da impiegarsi è solitamente stimabile in 300/400 g al metro quadro. Si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campione per stimare la quantità esatta di prodotto da utilizzarsi.

Potrebbero rendersi necessarie anche stuccature puntuali o bordature da effettuarsi con un primo arriccio in malta di calce lafarge esente da sali solubili, polvere di marmo e sabbia vagliata (rapporto legante inerte 1:2). L'arriccio sarà da effettuarsi utilizzando piccole spatole ed evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con le spatole). La stuccatura di finitura si effettuerà con grassello di calce e sabbia Ticino eventualmente additivati con sabbie di granulometrie superiori, cocchiopesto, polveri marmo (rapporto leganti e inerti 1:3).

Protezione

Operazione necessaria nel caso di intonaci molto porosi o paramenti esposti a nord. Ad almeno 20 giorni dai precedenti trattamenti consolidanti, su superficie perfettamente asciutta, si potrà procedere all'applicazione a spruzzo di prodotto idrorepellente a base siliconica, privo di effetto perlante, eventualmente additivato con adeguato algicida. Saranno da utilizzarsi prodotti a base silanica e siliconica da applicarsi nella quantità media di circa 500 g al metro quadro. L'applicazione sarà da effettuarsi in giornate non piovose, con temperatura esterna dai 15 ai 25 °C, su superficie fredda e non assolata. I prodotti dovranno essere applicati abbondantemente due o tre volte sino a rifiuto; la pressione di spruzzo (0,5-0,7 bar) e il diametro dell'ugello devono essere scelti in modo che non si abbia nebulizzazione dell'agente impregnante.

Nel caso in cui si volesse applicare una leggera mano di colore all'intero paramento, prima del trattamento finale con idrorepellente, si potrà eseguire una tinteggiatura con velature di tinta a calce. La tinta da impiegarsi andrà selezionata in base alle cromie esistenti con le quali andrà ad integrarsi; dovrà essere esente da leganti resinosi acrilici o vinilici. La coloritura dovrà essere realizzata tramite utilizzo di vaglio di grassello di calce e terre naturali (terre e grassello subiranno un doppio vaglio con setacci di diverse dimensioni). Per dare maggiore luminosità e trasparenza alla tinta, ottenuta con una maggiore diluizione, si effettuerà una prima stesura di bianco di calce.

Art. 4.19 - Impermeabilizzazioni

Art. 4.19.1 - Generalità

Qualsiasi impermeabilizzazione sarà posta su piani predisposti con le opportune pendenze. Le impermeabilizzazioni di qualsiasi genere dovranno essere eseguite con la maggiore accuratezza possibile, specie in vicinanza di fori, passaggi, cappe, ecc.; le eventuali perdite che si manifestassero in esse, anche a distanza di tempo e sino al collaudo, dovranno essere riparate ed eliminate dall'Impresa, a sua cura e spese, inclusa ogni opera di ripristino.

a) Asfalto sfuso - La pasta di asfalto per stratificazioni impermeabilizzanti di terrazzi, coperture, fondazioni ecc., risulterà dalla fusione di:

- 60 parti in peso di mastice di asfalto naturale (in piani);
- 4 parti in peso di bitume naturale raffinato;
- 36 parti in peso di sabbia vagliata, lavata e ben seccata.

I vari materiali dovranno presentare i requisiti indicati al precedente Art. 2.9.

Nella fusione i componenti dovranno ben mescolarsi perché l'asfalto non carbonizzi e l'impasto diventi omogeneo.

La pasta di asfalto sarà distesa a strati o a strisce parallele, dello spessore prescritto, con l'ausilio delle opportune guide di ferro, compressa e spianata con la spatola, e sopra di esse e mentre è ancora ben calda si spargerà della sabbia silicea di granulometria fine ed uniforme, la quale verrà battuta per ben incorporarla nello strato asfaltico.

b) Cartonfeltro bitumato - Nelle impermeabilizzazioni eseguite con l'uso di cartafeltro e cartonfeltro questi materiali avranno i requisiti prescritti all'Art. 2.9 e saranno posti in opera mediante i necessari collanti con giunti sfalsati.

c) Guaina bituminosa - Prima del trattamento con materiale impermeabilizzante si procederà ad una accurata pulizia della superficie mediante aria compressa, regolarizzandola nelle parti mancanti o asportando eventuali sporgenze.

Si applicherà una mano di primer anche a spruzzo, per circa 0,5 kg al metro quadro di materiale bituminoso del tipo di quello della guaina. La guaina sarà di mm 3-4 di spessore, del tipo di cui all'Art. 2.9.

I giunti tra le guaine dovranno sovrapporsi per almeno cm 8 e dovranno essere sigillati con fiamma e spatola metallica; nelle parti terminali si avrà particolare cura di evitare infiltrazioni, ricorrendo, se necessario, e anche a giudizio del Direttore Lavori, ad una maggiore quantità di massa bituminosa da stendere sul primer per una fascia di almeno un metro. Nelle parti da rinterrare, a contatto della guaina e prima di procedere al rinterro si metterà in opera un feltro di materiale sintetico imputrescibile di spessore di mm 3-4, procedendo poi al rinterro con la cautela di evitare che massi lapidei spigolosi o di grosse dimensioni danneggino la guaina.

d) Sottomanto bituminoso - Sopra i massetti di solai in calcestruzzo, che devono ricevere un manto di copertura, potrà essere messo in opera, secondo le prescrizioni del Direttore Lavori, uno strato di materiale impermeabilizzante, costituito da due mani di emulsione bituminosa stesa a freddo, oppure una guaina bituminosa armata con velovetro da mm 3, oppure una guaina di maggiore consistenza.

e) Membrane sintetiche - Per la impermeabilizzazione di coperture piane o di terrazzi praticabili e non, prima della posa delle eventuali pavimentazioni si potranno utilizzare membrane non bituminose a base elastomerica (manti in butile - IIR, in etilene e propilene - EPDM, in polietilene clorosolfonato), o plastomerica (manti in polivinilcloruro - PVC, polietilene ad alta densità - HDPE, polietilene clorurato - CPE, poliisobutilene - PIB, poliolefine flessibile - FPO). I manti verranno posati in monostrato previa realizzazione, all'intradosso del manufatto da proteggere, di strato di regolarizzazione o di separazione e scorrimento (feltro tessuto non tessuto). Le membrane avranno spessori variabili a seconda del loro impiego (10 - 30 mm), potranno essere armate con velovetro, tessuto di vetro, tessuto sintetico, tessuto non tessuto. La posa in opera dei teli avviene normalmente a secco, la loro giunzione avverrà per saldatura ad aria calda, per giunzione dei lembi con vulcanizzazione a caldo o a freddo, con adesivi e/o nastri biadesivi.

Art. 4.19.2 - Interventi di manutenzione e conservazione di manti bituminosi

In caso di interventi di conservazione di membrane bituminose sarà opportuno procedere tramite preventiva operazione di identificazione delle cause generanti le patologie. Solo successivamente si potranno effettuare in maniera puntuale idonee operazioni e trattamenti conservativi.

Sfarinamento, affioramenti, screpolature, fessurazioni - In caso di membrane che presentino superfici incartapecorite con fenomeni di sfarinamento, affioramenti, screpolature, fessurazioni sarà necessario applicare una mano di primer a solvente per rigenerare il piano di posa. Quindi procedere alla posa della nuova impermeabilizzazione con membrane bituminose anche in versione granigliata. L'applicazione avverrà mediante rivestimento a fiamma, scaldando la superficie del vecchio manto e la nuova membrana. Le cause principali di questi fenomeni sono essenzialmente da ricondursi ad una cattiva qualità della miscela bituminosa della membrana. L'eventuale presenza dell'isolante al di sotto della membrana può a volte aggravare la situazione.

Formazione di bolle - In presenza di formazione di bolle, dovute generalmente ad umidità preesistente sotto il manto impermeabile, sarà necessario asportare le bolle mediante taglio delle stesse ed incollaggio a fiamma dei lembi. Successivamente si ripristinerà la zona ammalorata con la posa di un ritaglio di membrana. La formazione di bolle di vapore si può verificare a causa dell'assenza dei torrini di ventilazione, in presenza di isolamenti in cemento cellulare, oppure per l'eccessiva umidità contenuta nella soletta durante la messa in opera.

Rottura del manto - In caso di rottura del manto di impermeabilizzazione a causa di un "movimento" della struttura, onde evitare il ripetersi del fenomeno, sarà necessario creare un giunto in opera sul manto stesso. L'intervento verrà realizzato mediante posa a secco di un profilo comprimibile. Successivamente si applicherà una fascia di membrana accavallata al giunto stesso, con funzione protettiva di coprigiunto. Ciò permetterà alla zona un gioco che allenterà notevolmente la tensione del manto impermeabile. Le fessurazioni con andamento lineare si creano spesso quando la struttura è priva di giunti. Col tempo si forma un giunto "naturale" in un punto di maggiore sollecitazione e/o di minore compattezza, la soprastante impermeabilizzazione non potendo assecondarlo si lacera e fessura.

Distacco del risvolto - Quando avviene il distacco del risvolto perimetrale del manto di impermeabilizzazione, dovuto generalmente all'insufficiente riscaldamento della membrana in fase di applicazione, sarà necessario rieseguire tutti i verticali di raccordo. In questo caso, prima dell'applicazione vera e propria, sarà necessario applicare una mano di primer per favorire una migliore adesione della membrana sul piano di posa.

Infiltrazioni d'acqua - Quando si avranno infiltrazioni d'acqua tra il bocchettone di scarico e l'impermeabilizzazione, dovute ad una inadeguata preparazione della flangia, si procederà mettendo a nudo la flangia stessa. Sarà quindi possibile riprendere l'impermeabilizzazione con dei ritagli di membrana sagomati e dimensionati all'esigenza; si procederà in seguito a reimpermeabilizzare la zona danneggiata.

Quando nelle impermeabilizzazioni a due strati si verificheranno infiltrazioni di acqua tra le due membrane con la creazione di sacche d'acqua sarà indispensabile intervenire immediatamente per evitare il propagarsi del fenomeno. Sarà necessario eliminare l'acqua mediante taglio e svuotamento.

Le riparazioni saranno realizzate reincollando i lembi tagliati e saldando i ritagli di membrana sulle zone colpite.

Dissaldatura di sormonte - In questi casi, la soluzione più idonea sarà quella di applicare sulle sormonte in questione fasce di membrana armata in poliestere da circa cm 30, perfettamente attaccate a fiamma e sigillate nei bordi laterali. Infine, al termine di ogni operazione, sarà sempre opportuno applicare vernici bituminose protettive ottenute da bitumi fluidizzati con solventi organici. Potranno essere pigmentate con polvere di alluminio o essere emulsionate con vernici acriliche.

Deformazione dei pannelli isolanti - I pannelli isolanti a causa di errata tecnica applicativa, scarsa qualità o eccessiva umidità subiscono fenomeni deformativi e di imbarcamento coinvolgendo il soprastante manto impermeabile. In questo caso sarà molto difficile effettuare interventi conservativi in grado di garantire sufficiente tenuta.

Sarà in questo caso opportuno rimuovere l'intero manto e procedere alla formazione di nuovo manto coibente ed impermeabile.

Nuova membrana applicata sull'esistente - Nel caso si dovesse procedere al rifacimento del manto impermeabile tramite la posa di una nuova membrana bituminosa sopra l'esistente sarà opportuno procedere con la massima cautela a seconda del tipo di copertura sulla quale si andrà ad operare. In linea di massima se la protezione del manto è costituita da quadrotti o massetti realizzati in opera bisognerà procedere alla loro rimozione con la massima attenzione senza in alcun modo intaccare il manto sottostante sia in fase di demolizione sia di allontanamento e trasporto del materiale di risulta. Dopo accurata pulitura si potrà procedere alla stesura di nuovo manto con appropriata protezione secondo indicazioni della D.L. previa buona opera di imprimitura.

Nel caso di manti protetti con verniciatura o manti ardesiati ben ancorati al supporto sarà opportuno procedere alla realizzazione di buona opera di imprimitura, prima della applicazione della nuova membrana bituminosa da posarsi con rinvenimento a fiamma. In presenza di vecchi manti ardesiati e non aderenti e/o in fase di distacco e ondulazione sarà sempre opportuno procedere alla loro completa rimozione.

Nuova membrana applicata sull'esistente con inserimento di strato isolante - Previa accurata pulitura di tutto il manto esistenti si applicherà il collante bituminoso e successivamente si potrà procedere alla posa dell'isolante utilizzando rotoli a doghe già accoppiati a membrane bitume polimero. Per ridurre i ponti termici è bene far proseguire lo strato isolante anche sul tratto orizzontale della gronda. La protezione finale avverrà tramite applicazione di doppia guaina bituminosa. Se si tratta di copertura non pedonabile si potrà ricorrere all'impiego di membrana autoprotetta con scaglie di ardesia.

Si potrà procedere anche tramite la realizzazione di "tetto rovescio". Previa applicazione di primer bituminoso sul manto esistente, si poserà il manto di tenuta in guaina bituminosa, successivamente l'isolante termico (impermeabile e non degradabile) ed infine lo strato di zavorramento in ghiaietto (5-10 cm). Tra questi ultimi due strati andrà posizionato un foglio di separazione e filtraggio in tessuto non tessuto. Il sistema comporta un leggero aggravio dei carichi statici e qualche difficoltà di pedonamento.

Rifacimento dell'impermeabilizzazione - Nel caso in cui il degrado del materiale impermeabile sia accompagnato dal deperimento e sgretolamento dei massetti di supporto si procederà alla demolizione ed al rifacimento di tutta l'impermeabilizzazione, incluse tutte le lattonerie di completamento. Prima della messa in opera della nuova impermeabilizzazione, si dovrà predisporre il nuovo piano di posa, ripristinando le pendenze originarie, rivedendo inoltre le lavorazioni di dettaglio, come i risvolti del manto in corrispondenza dei rialzi verticali delle soglie, gli innesti dei bocchettoni, le piantane di eventuali parapetti.

Sovracopertura ventilata - Creazione di camera di ventilazione sopra alla copertura esistente conservando il manto impermeabile in situ e realizzando nuova copertura in elementi lignei e/o metallici. La nuova copertura potrà eseguirsi solo una volta verificate le pendenze esistenti e l'altezza dei muretti di coronamento che devono essere sufficientemente alti per contenerla (onde evitare incrementi di altezza). La realizzazione della nuova copertura comporta l'adeguamento delle lattonerie esistenti e del sistema di smaltimento delle acque a nuovi recapiti, in quanto lungo il perimetro verranno posati i nuovi canali per portare l'acqua agli scarichi esistenti o eventualmente a nuovi scarichi esterni. La soluzione permette di posizionare sotto manto, sopra l'impermeabilizzazione esistente, uno strato di isolamento termico.

Art. 4.20 - Tecniche di eliminazione dell'umidità

Art. 4.20.1 - Generalità

Il problema andrà affrontato primariamente in maniera indiretta, acquisendo conoscenza. La prima vera fase di intervento non sarà pertanto sulla materia da risanare, ma sul suo ambiente all'intorno, sulle cause indirette che possono aver provocato il fenomeno (acque non raccolte, falde freatiche, rotture di canali, isolamenti non idonei ecc.).

Solo in seconda battuta si potrà intervenire direttamente sul manufatto, sulle sue caratteristiche fisico-chimiche, sulla sua effettiva consistenza materica e sul suo stato di degrado.

Solo dopo aver ottenuto le opportune risposte si potranno adottare adeguate tecniche di intervento, eliminando in prima istanza le cause innescanti il degrado.

Andrà quindi effettuata una serie di valutazioni preliminari utili ad identificare i probabili fenomeni in atto al contorno del manufatto interessato dal degrado da umidità. Un'indagine di primo livello si dovrà preoccupare di reperire informazioni sulla morfologia del territorio, sull'altezza della falda freatica, sulla presenza di acque sotterranee, di canali interrati, di acque disperse e non raccolte. Successivamente si dovranno indagare le cause dirette analizzando lo stato di conservazione del manufatto oggetto di intervento, degli impianti di adduzione e di scarico delle acque per uso domestico, degli impianti di riscaldamento e di ventilazione, di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche (canali, pluviali, pozzetti).

Una volta identificate con certezza le cause generanti le fenomenologie di degrado, si potrà intervenire affrontando il problema per successivi livelli di intervento. In prima istanza intercettando ed eliminando il fattore di alimentazione a monte. Secondariamente intervenendo direttamente sull'edificio e sul suo intorno, optando per operazioni tra le più semplici e meno invasive, cercando di deumidificare tramite sistemi aeranti quali intercapedini, vespai, sistemi di raccolta e di deflusso, impianti di climatizzazione e riscaldamento (spesso inesistenti o insufficienti), aumentando le superfici esposte, proteggendole al contempo tramite opportuni interventi idrofobizzanti.

Solo se tali operazioni preventive risultassero assolutamente insufficienti si potrà ricorrere ad interventi murati, direttamente sul manufatto, adottando sistemi oggi suddivisi in quattro grandi famiglie:

- meccanici = taglio dei muri;
- aeranti = sifoni, malte traspiranti;
- elettrofisici = per conduzione elettrica;
- chimici = per occlusione dei capillari o per loro inversione.

Ognuna delle famiglie è composta da vari elementi, anche molto diversi tra loro, con aspetti positivi e/o negativi, con varie e a volte complesse modalità applicative. Le stesse singole famiglie non sono comunque in grado di dare soluzioni definitive, in special modo se si pensa che ognuna possa, in ogni caso applicativo, prevalere sull'altra.

Ogni sistema adottato o adottabile possiede almeno un punto debole, pertanto sarà sempre opportuno vagliare accuratamente le possibilità e le caratteristiche offerte dai mezzi in commercio raffrontandoli con l'edificio, con le particolarità e le peculiarità di ogni singolo manufatto. Nella maggior parte dei casi bisognerà intervenire con diverse modalità, in grado di garantire (ognuna nel suo campo specifico, rapportata e congiunta ad un progetto generale di intervento in parallelo con altri interventi) la soluzione ottimale nei confronti di quel ricco e complesso quadro patologico innescato dalle acque, di qualsiasi natura esse siano.

Art. 4.20.2 - Drenaggi, contromurazioni, intercapedini, vespai

Si tratta di metodi di eliminazione dell'umidità che normalmente interessano fondazioni e/o muri interrati, in grado di assorbire acqua in fase liquida direttamente dal sottosuolo per capillarità. L'assorbimento si verifica alla base delle fondazioni, sulle pareti laterali e sulle pavimentazioni a diretto contatto con il terreno. L'acqua è in grado di penetrare anche sotto forma di vapore, a causa delle diverse pressioni di vapore che vengono a verificarsi tra l'aria dei locali dell'edificio interessato ed il terreno; in caso di condensa risulta chiaro che andrà ad incrementarsi il fenomeno della risalita capillare.

Drenaggi - Esterni, in grado di convogliare lontano dalla muratura le acque di scorrimento e quelle derivanti da falda freatica. Potranno essere disposti in aderenza ai muri oppure distaccati; nel primo caso si porrà, a contatto con il muro, una barriera impermeabile, costituita da guaine od ottenuta mediante pitture impermeabilizzanti.

Quando l'umidità è presente in quantità limitata per l'intercettazione dell'acqua potrà essere sufficiente una semplice trincea in ciotoli, scheggioni di cava sistemati a mano, dietro a muri di sostegno o a pareti controterra. In caso di quantità maggiori o nel caso di terreni impermeabili sarà opportuno integrare il drenaggio con un tubo forato posto sul fondo della fossa con la funzione di raccolta ed allontanamento delle acque in fognatura drenante.

Il materiale di riempimento per questo tipo di trincea dovrà essere di granulometria diversificata, sempre più fine a mano a mano che ci si avvicina al tubo. Nel caso in cui si sia obbligati a scendere con lo scavo al di sotto della quota di fondazione sarà certamente opportuno posizionare la trincea ad almeno due metri dalla stessa per evitarne il possibile scalzamento.

Per impedire infiltrazioni di acqua piovana bisognerà creare o ripristinare un marciapiede lungo tutto il perimetro dell'edificio. In tal modo l'assorbimento di umidità sarà ridotto al solo piano di appoggio della fondazione. Tale tipo di intervento potrà risultare efficace e risolutivo nei casi in cui la risalita capillare dell'umidità non superi i cm 40-50: allora bisognerà, però, predisporre un nuovo piano di calpestio per l'eventuale piano interrato esistente, creando un vespaio aerato di altezza logicamente maggiore a cm 40.

Nel caso in cui le fondazioni siano immerse in terreni saturi di acqua ed a profondità maggiori siano presenti strati di suolo di tipo assorbente (per esempio un banco di ghiaia sciolta) è possibile procedere al risanamento di locali interrati ricorrendo alla creazione di pozzi assorbenti.

Tali pozzi lasciano filtrare al loro interno l'acqua proveniente dal suolo saturo, convogliandola verso il sottostante banco assorbente. Si ottengono in tal modo un abbassamento del livello della falda acquifera ed un rapido prosciugamento delle acque piovane che, per gravità, penetrano nel terreno.

Contromurazioni - Metodologia applicativa abbastanza efficace nel miglioramento delle condizioni ambientali dei locali interni, atta a diminuirne i valori di umidità relativa. Per ottenere tali vantaggi la controparete deve:

- non presentare contatti con la parete umida (almeno 5 cm di distanza);
- non avere alcuna comunicazione tra l'aria umida dell'intercapedine ed il locale da risanare;
- impostarsi su uno strato di materiale impermeabile;
- avere un ricambio dell'aria umida verso l'esterno o in modo naturale o addirittura tramite elettroaspiratore, ma solo se si tratta di umidità ascendente dal terreno;
- nel caso di umidità da condensazione, deve possedere una chiusura ermetica anche verso l'esterno.

La soluzione più tradizionale è data da una controparete in mattoni pieni dello spessore di una testa, al fine di creare un vano di almeno cm 12 dotato di aperture, praticate in basso e in alto, nel muro esterno, in maniera da creare un tiraggio e quindi un modesto movimento d'aria all'interno dell'intercapedine.

Al posto dei mattoni sarà possibile utilizzare tavole o lastre, preverniciate con un impermeabilizzante sul lato interno, unite con malte idrofughe o, meglio ancora, utilizzando un sottilissimo foglio di alluminio che possa rivestire indifferente, previa intonacatura rustica, l'una o l'altra faccia.

Sarà anche possibile riempire la camera d'aria con lastre di polistirolo, schiume di resine, lana minerale, pomice sciolta.

Nel caso dell'intercapedine con circolazione di aria, si ottiene normalmente un minore isolamento termico, in quanto l'aria esterna, che entra a contatto con quella dell'intercapedine, scambia direttamente il calore con quest'ultima. Viene però assicurato lo smaltimento del vapore che si forma nei locali e di quello che si forma nell'intercapedine per evaporazione dell'acqua eventualmente inoltrata dalla parete esterna. Saranno comunque da prendere precauzioni particolari per la realizzazione dei fori di ventilazione (del diametro di 18-20 mm ad un interesse di circa 150 cm sui due livelli) che non dovranno infatti permettere all'acqua esterna di penetrare all'interno dell'intercapedine. Saranno pertanto da eseguirsi con pendenza verso l'esterno ed essere protetti da un cappelletto (in metallo, pietra o laterizio) a guisa di gocciolatoio, che impedisce l'ingresso della pioggia e del vento diretto.

Intercapedini - La formazione di un'intercapedine ventilata perimetrale (50-100 cm di larghezza) ha la funzione di arretrare il terrapieno favorendo l'aerazione delle murature dell'edificio e di eventuali locali seminterrati.

In questo modo il muro potrà assorbire acqua soltanto dalla base, e non più lateralmente, scaricandola nell'intercapedine sotto forma di vapore, portato poi verso l'esterno mediante canali di ventilazione, griglie, aperture dirette.

Questo tipo d'intercapedine dovrà di norma avere una profondità di almeno una volta e mezzo l'altezza dell'umidità di risalita (umidità fino ad un metro, intercapedine m 1,5).

La grigliatura di aerazione dovrà essere cadenzata ogni 4-5 parti chiuse.

Di fatto nella maggior parte dei casi risulta impossibile realizzare intercapedini molto profonde a causa della limitata profondità dei muri di fondazione.

L'intercapedine perimetrale potrà essere costruita in cemento armato o in altro materiale opportunamente idrofobizzato. Il manufatto andrà realizzato in maniera indipendente rispetto alla struttura muraria dell'edificio interessato all'intervento. Si dovrà pertanto eseguire una struttura portante parallela al perimetro delle murature (pilastri e travi prefabbricate) alla quale si appoggerà il sistema di chiusura in tavellonato e massetto armato o in piastre in c.a. prefabbricate. L'intero manufatto andrà completamente impermeabilizzato tramite applicazione di guaina bituminosa antiradice. Dovrà inoltre essere ispezionabile tramite la creazione di idonei pozzetti rimovibili. L'aerazione esterna sarà garantita posizionando apposite griglie da dimensionarsi rispetto alla grandezza del manufatto. Tramite fori passanti nelle murature perimetrali (8-10 mm di diametro), le intercapedini potranno essere collegate con eventuali vespai aerati presenti all'interno dell'edificio. Dentro il manufatto potranno inoltre trovare collocazione i canali di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, collegati ai pluviali di gronda mediante pozzetti sifonati ispezionabili.

Vespai - Accade molto spesso che l'umidità derivi più dai pavimenti che dai muri laterali: non sarà facile in questo caso stabilirne le cause dirette. Sarà comunque opportuno procedere alla formazione di un vespaio orizzontale eventualmente collegato, tramite appositi fori, con l'intercapedine esterna. I vespai, dove possibile dovranno sempre avere andamento nord-sud, in modo da garantire un minimo di movimentazione d'aria.

I vespai sono tradizionalmente di due tipi:

- a camere d'aria e muretti con uno strato impermeabilizzante alla base, altezza media di cm 50 posti ad interesse di cm 80-90;
- a riempimento (fossa riempita di schegge, pietrame, grossi ciottoli).

La funzione è evidentemente quella di evitare un contatto diretto con l'acqua e l'umidità presenti nel terreno.

Potrà anche non essere necessaria la predisposizione di bocchette di ventilazione, formando in tal caso un massetto, di base di almeno cm 8, sul quale stendere uno strato impermeabile a base bituminosa o nel caso in cui il riempimento sia costituito da materiale asciutto e termoisolante.

Vespai a camera d'aria - Da realizzarsi avendo la possibilità di rimuovere la pavimentazione esistente (se irreversibile perché fortemente degradata o inesistente), ed eseguire uno scavo di cm 80-100 di profondità. Effettuato lo scavo si dovrà predisporre il nuovo piano di imposta tramite stesura di ghiaia e di soprastante magrone

in calcestruzzo. I vespai, se realizzati con andamento nord-sud, saranno messi in comunicazione, tramite fori passanti nelle murature perimetrali (mm 8-10 di diametro), con le eventuali intercapedini aeranti perimetrali.

- Vespai in muretti e tavelloni: si realizzerà costruendo muretti di sostegno in mattoni pieni posti ad un interasse di cm 80-100 in appoggio su fondazione in calcestruzzo. Si dovrà posizionare membrana impermeabile tra muretti e fondazione; gli stessi muretti saranno dotati di fori di ventilazione ricavati lasciando spazi tra i corsi di mattoni. Sopra ai muretti si posizioneranno tavelloni in laterizio, rete elettrosaldata di armatura e getto in calcestruzzo. Tra muretti e tavelloni, ed in corrispondenza del risvolto verticale della muratura perimetrale fino all'altezza del getto compreso, andrà posizionata membrana bitume polimero impermeabilizzante.
- Vespai con travetti in c.a: si realizzerà sostituendo i muretti in mattoni con travetti in cemento armato posati da muro a muro o su setti rompitratte una volta realizzato un sostegno perimetrale su due lati evitando quindi di interessare le murature esistenti. Il sistema, di veloce ed economica realizzazione, verrà completato come il sistema tradizionale tramite utilizzo di tavole e getto in calcestruzzo armato. Tra i travetti ed i muri di appoggio, sino all'altezza del getto compreso, andrà sempre posizionata membrana bituminosa impermeabile.
- Vespai in lastre ondulate: da realizzarsi in caso di mancanza di spazio in profondità (impossibilità di scavo e di demolizione della pavimentazione esistente). L'aerazione, anche se minima (12 cm circa), si otterrà posando sopra il pavimento esistente lastre ondulate (impermeabili e imputrescibili), opportunamente distanziate da quest'ultimo mediante piattine in acciaio zincato o inox, disposte ad un interasse di circa cm 60. Si eseguirà quindi un getto in calcestruzzo inserendo preventivamente in ogni onda un ferro d'armatura da mm 8 di sezione. Le lastre verranno sovrapposte lateralmente e intestate trasversalmente.
- Vespai in moduli prefabbricati: si potranno utilizzare manufatti prefabbricati in plastica riciclata (igloo) di varie dimensioni ed altezze. I moduli verranno accostati per ricavare l'intercapedine ed al tempo stesso il piano per il getto del calcestruzzo armato. I manufatti saranno dotati di nervature per migliorare le caratteristiche meccaniche e di sistema di aggancio rapido senza necessità di fissaggio. Saranno posizionati su massetto di livellamento realizzato in ghiaia e magrone di calcestruzzo.

Vespai a riempimento - Avendo la possibilità di rimuovere la pavimentazione esistente, ma nel caso in cui non risulti possibile effettuare lo scavo per la realizzazione di vespai aerati, risulta comunque fondamentale impermeabilizzare la superficie del massetto di posa della nuova pavimentazione. Andrà pertanto drenato il terreno sottostante tramite allocazione di uno strato di pietrame a secco e creazione di ventilazione ottenuta mediante posa di condotto rettilineo in PVC. Il condotto, passante nella muratura, metterà in comunicazione il vespai con un pozzetto perimetrale con chiusini aerati. Si eseguirà quindi il getto in calcestruzzo e rete elettrosaldata da impermeabilizzarsi all'estradosso con guaina bituminosa.

Art. 4.20.3 - Barriere al vapore

Per evitare il fenomeno della condensa sulle murature basta in genere inserire nell'edificio un adeguato impianto di riscaldamento e/o assicurare un adeguato ricambio d'aria al suo interno tramite adeguata ventilazione. Molto spesso sia la ventilazione sia il riscaldamento sono i due mezzi di più immediata efficacia per un provvisorio miglioramento igienico dei locali umidi. Il metodo più semplice per eliminare ristagni e sacche d'aria satura è quello che utilizza bocche di aerazione a livello del pavimento, nel muro di spina, come risulta conveniente sostituire con griglie gli specchi inferiori delle porte. Il numero e le dimensioni delle bocche debbono essere proporzionali al volume d'aria del locale. In ogni caso la luce complessiva non dovrà mai essere inferiore a m 2 0,1 per ogni m 3 100 di ambiente, con spessori di muro superiori a cm 60 sarà bene che ogni bocca abbia dimensioni non inferiori a cm 25x25 ubicandone una ogni m 3-4 di parete.

Il fenomeno tuttavia potrebbe riverificarsi; andrà pertanto valutata l'opportunità di ridurre la dispersione termica dei muri con materiale coibente.

Vari i tipi di prodotti presenti sul mercato che si prestano allo scopo. Dallo strato di carta bituminata ai fogli di alluminio fissati con adesivi al lato interno e ricoperti da intonaco macroporoso; dalle lastre di resine espanse, ai pannelli di fibra minerale.

Sarà in ogni caso sempre opportuno assicurarsi dell'assoluta continuità della barriera realizzata evitando qualsiasi punto di ponte termico.

Art. 4.20.4 - Taglio meccanico con inserimento di barriere impermeabili

È un metodo per il risanamento delle murature interessate da risalita capillare, atto a bloccarne definitivamente il processo tramite l'inserimento di uno sbarramento orizzontale.

Si effettuerà con macchinari di diverso tipo un taglio meccanico delle murature in cui si inseriscono vari tipi di prodotti assolutamente impermeabili.

Questa tecnica può presentare difficoltà in costruzioni piuttosto degradate ed attempate a causa della irregolarità dei corsi di mattoni, per il coacimento delle murature a secco, per l'inconsistenza dei giunti di malta, per murature di tipo misto.

Nelle zone a rischio sismico, la discontinuità tra i materiali potrebbe anche causare scorrimenti incontrollati dei muri ai quali è però possibile rimediare utilizzando lastre di vetroresina sabbiate atte a garantire maggior aderenza con le malte, e/o leganti a base di resine epossidiche.

Il taglio meccanico sarà quindi da utilizzarsi solo ed esclusivamente in caso di effettivo bisogno, quando cioè ogni altro tipo di intervento al contorno non fosse in grado di assicurare in maniera accettabile l'eliminazione anche parziale dell'umidità da risalita, sempre e comunque solo nei confronti di murature piuttosto sane e ben amalgamate senza alcun problema dal punto di vista strutturale e statico.

La metodologia di intervento prevede in prima fase l'eliminazione dell'intonaco alla base del muro da risanare, per poi procedere al taglio con macchine in grado di regolarne l'altezza, l'inclinazione e la profondità.

Taglio con la sega - Principalmente indicato per murature con disposizione a filari orizzontali dei blocchi e con giunti di malta di spessore uguale o superiore al centimetro. A queste condizioni il taglio, che avrà quindi approssimativamente lo spessore della sega (circa 8 mm), potrà avvenire piuttosto agevolmente nell'ambito dello spessore del giunto di malta, eseguito a tratti orizzontali della lunghezza di circa un metro. La macchina è normalmente costituita da un piccolo carrello su quattro ruote che viene fatto scorrere orizzontalmente su due palanche parallele poggiate al suolo e livellate. Sul carrellino viene installata la sega a motore, del tipo a catena fra due pulegge dentate, che può essere regolata in senso verticale.

Taglio con il filo - È un procedimento analogo a quello normalmente usato nelle cave di pietre e marmi. In un primo tempo sperimentato nel taglio di pareti in calcestruzzo armato, si rende altrettanto utile nel taglio di pareti di elevato spessore, dove le normali seghe a catena o circolari risultano di difficile o impossibile utilizzo.

La macchina è essenzialmente costituita da una grossa puleggia motrice che fa ruotare il filo segante e, nel contempo, lo tiene in tensione con un sistema idraulico che agisce sull'asse della stessa puleggia motrice.

Il grande vantaggio del sistema è da un lato la mancanza quasi assoluta di rumorosità dall'altro la riduzione delle inevitabili vibrazioni legate a qualsiasi sistema di taglio meccanico.

Taglio con carotatrice - In questo sistema il mezzo meccanico è una carotatrice ad asse orizzontale azionata da un motore elettrico di 0,7 Kw anche essa in grado di funzionare con vibrazioni ed urti ridotti, operando con moto rotativo uniforme in grado di perforare muri di qualsiasi spessore.

Il sistema prevede la creazione alla base delle murature di una serie di fori orizzontali ed adiacenti, del diametro di mm 30-35, che andranno poi messi in comunicazione tra di loro asportando le parti di muro rimaste con una seconda serie di perforazioni. Con quindici perforazioni si andrà ad ottenere una fessura standardizzata, pulita, con una lunghezza frontale di cm 40-45 che andrà successivamente riempita con resina poliesteri allo stato fluido in grado di polimerizzare in 3-4 ore senza ritiro sensibile e di reggere immediatamente il carico soprastante della muratura. Dopo l'indurimento della resina si potrà procedere nell'operazione perforando il settore di muro adiacente.

In linea di massima, una volta eseguito il taglio meccanico della muratura da risanare ed effettuata la pulizia del segmento tramite scopinetti e aria compressa si potranno inserire:

- fogli di polietilene;
- fogli in vetroresina (resine poliesteri + fibre di vetro);
- lamine in acciaio inox al cromo (inserite direttamente nelle fughe della muratura, in corrispondenza delle malte di allettamento, con un apparecchio simile ad un martello pneumatico);
- resine poliesteri liquide;
- resine epossidiche liquide;
- malte pronte impermeabilizzanti.

I fogli isolanti vanno sovrapposti per circa cm 4-5 facendoli sporgere per cm 2-3 dalla parete.

Per ogni tratto di taglio che si andrà a realizzare saranno da inserirsi zeppe di plastica con la funzione di mantenere momentaneamente la continuità statica della muratura tagliata, sino a quando il legante iniettato a saturazione non avrà raggiunto il giusto grado di indurimento e resistenza.

Una volta inserita la barriera si asporta l'intonaco deteriorato dall'umidità per ottenere la completa essiccazione del muro: di solito è necessario attendere per un periodo (dai 6 mesi ai 2 anni) che varia in funzione del livello di umidità del muro, del suo spessore e della ventilazione degli ambienti.

Prima di procedere alla messa in opera del nuovo intonaco sarà opportuno procedere ad un accurato lavaggio della parete risanata per eliminare completamente ogni residuo di polvere, croste nere, efflorescenze saline.

Quando l'intonaco è essiccato si deve rifilare con un flessibile la barriera e completare l'intonacatura nella parte sottostante, tenendo lo spessore dell'intonaco più sottile per evitare punti di risalita.

In casi specifici, con murature molto sature di umidità e di sali solubili, sarà bene non procedere alla rimozione del vecchio intonaco ammalorato che potrà così diventare una vera e propria carta assorbente sulla quale potranno depositarsi i sali in evaporazione. La cristallizzazione delle efflorescenze saline potrà così avvenire su una superficie che andrà comunque rimossa senza andare in alcun modo a compromettere la sottostante struttura muraria.

Art. 4.20.5 - Formazione di barriere chimiche

Il funzionamento di questi sistemi si basa sul principio che l'altezza della risalita di umidità dipende dalla tensione superficiale presente nelle pareti dei pori; le resine silconiche sciolte che normalmente vengono utilizzate nel sistema sono in grado di innalzare una barriera contro l'infiltrazione e la risalita capillare dell'acqua tanto più efficace tanto maggiore è la capacità del prodotto di penetrare in profondità per tutta la sezione della muratura. Non permettendo all'acqua di bagnare le pareti dei pori queste sostanze, normalmente silani organici veicolati in solvente (sodio silicato,

potassio metilsiliconato siliconato, organo silossano normale e modificato), riescono ad invertire il menisco da concavo a convesso, bloccando la risalita.

Sarà indispensabile la perfetta conoscenza della muratura, delle sue malte dei suoi mattoni, della sua omogeneità prima di procedere alla sua impregnazione, come sarà indispensabile analizzare chimicamente i materiali ed i tipi di sali eventualmente presenti: alcuni di essi possono infatti influire negativamente nella deumidificazione e, in ogni caso, andranno eliminati trasformandoli da idrosolubili in solubili.

Sarà molto difficile utilizzare il sistema in presenza di murature a secco; in questo caso si potrà intervenire differenziando l'intervento, trattando con tecniche e con impregnanti diversi il contorno piuttosto che il riempimento, badando di avere una buona conoscenza del materiale interno ottenuta tramite carotaggi ed analisi puntuali. In questo caso si renderà opportuno attuare un preconsolidamento del riempimento prima di effettuare l'impregnazione.

Sarà comunque sempre molto difficile ottenere una diffusione omogenea e perfetta che renda impermeabile un intero strato orizzontale di muro da una parete all'altra, senza il quale il blocco dell'umidità da risalita resta parziale. È noto che la riduzione anche forte della sezione assorbente non impedisce all'acqua di risalire attraverso la strozzatura: sarà solo una questione di tempo, il risultato sarà sempre il medesimo.

Perciò, o l'intercettazione dell'umidità da risalita capillare è ottenuta al cento per cento della sua sezione orizzontale, o avremo comunque presenza di umidità anche se rallentata.

Si potrà optare tra due tecniche fondamentali di impregnazione:

a) a lenta diffusione;

b) a pressione.

a) Il formulato siliconico viene iniettato da trasfusori che inseriti in fori alla base delle murature, immettono lentamente la sostanza all'interno del muro.

“I trasfusori sono costituiti da un recipiente graduato, da un tubo iniettore, da gommini diffusori in spugna sintetica.

“Il liquido impregna il muro salendo per capillarità e scendendo per gravità.

“Alla fine dell'operazione la muratura risulterà impregnata per una profondità pari a quella del muro, per circa cm 20 intorno al foro.

“Prima di dare inizio ai lavori, è chiaramente necessario esaminare le condizioni ambientali di operatività e la consistenza fisico-materica del manufatto, per poi procedere a tracciare la quota e la distribuzione dei fori.

“In genere vengono eseguiti fori del diametro di mm 27, distanziati di circa cm 15 e ad una altezza dalla quota più alta di pavimentazione di circa cm 15-20, sempre badando di non raggiungere l'altra parete del muro per evitare trasudazioni del prodotto.

“Nel caso in cui si dovesse intervenire su di una muratura a contatto con un terrapieno o con una parte di muro ancora impregnato di umidità sarà opportuno praticare fori in verticale sino a superare di circa mezzo metro la quota di umidità del muro adiacente o il livello del terrapieno.

“Dopo aver predisposto i fori si dovranno murare i trasfusori con cemento rapido esente da sali stuccando fessure o sconnessure per evitare fuoriuscite di prodotto.

“Il formulato impregna le murature porose in poche ore e quelle compatte in poco più di un giorno, ma risulta operante come idrofobizzante solo dopo qualche settimana, quando si è completata la polimerizzazione.

“Al termine dell'intero ciclo di intervento bisognerà operare un intervento di carattere distruttivo asportando gli intonaci da terra sino a tutta la fascia interessata dall'operazione di impregnazione. L'intervento si rende necessario in quanto il vecchio intonaco impedisce ai siliconati di attivare la loro idrorepellenza tramite l'ossigeno che assorbono dall'atmosfera cedendo CO₂, e perché la trasudazione dell'acqua crea una notevole concentrazione di sali che attirano l'umidità dall'aria rovinando comunque gli intonaci.

“La tecnica descritta esercita sempre una leggera spinta idrostatica a causa del dislivello fra recipiente graduato e foro; se le murature sono particolarmente degradate e con molte fessure, la pressione, pur molto bassa, agisce in modo da far aggirare al fluido i volumi più compatti, cioè con pori più sottili, che invece sono i più esposti alla risalita capillare.

“È possibile in questi casi utilizzare un sistema grazie al quale l'impregnazione si attua per lenta diffusione mediante uno stoppino imbevuto di una sostanza impregnante inserito all'interno della muratura.

b) L'impregnazione a pressione prevede l'iniezione all'interno delle murature di un formulato veicolato in solventi, utilizzando un piccolo compressore a bassa pressione.

“Il sistema può favorire l'espulsione dai pori già saturi dell'acqua in essi contenuta e facilitare la penetrazione del prodotto idrofobo.

“Le modalità di esecuzione non sono particolarmente complesse: si tratta di togliere l'intonaco da entrambe le pareti del muro sino ad una altezza di cm 50-60 dal pavimento e quindi tracciare i livelli ed i punti in cui si andranno ad eseguire le iniezioni.

“Dopo aver eseguito fori di mm 10-12 di diametro per mezzo di un trapano, distanziati tra loro di cm 10-12 anche su doppia fila, a circa cm 15-20 dal livello più alto del pavimento, saranno da inserire gli ugelli di iniezione. La perforazione viene di norma eseguita per una profondità di circa cm 9-10, la pressione di esercizio si aggira

intorno alle 5 atm per le murature in mattoni, alle 2 atm per murature in pietrame non assorbente.

“Se si interviene su murature di mattoni pieni e di forte spessore sarà opportuno operare su entrambe le pareti della muratura perforandole con un trapano a rotopercolazione.

“Posizionato l'iniettore, provvisto di valvola di tenuta, si immette la sostanza impregnante utilizzando lo stesso foro come camera di distribuzione del liquido, sino a rifiuto.

Art. 4.20.6 - Formazione di barriera chimico-fisica

Sistema chimico-fisico che impiega solidi termofusibili (semplici paraffine o alcali e resine naturali additivate con agenti inorganici plastificanti, antiossidanti e fluidificanti) a bassa temperatura iniettati per impregnazione nelle murature. È in grado di creare una effettiva barriera continua, occludendo i capillari, senza interessare staticamente la muratura effettuando tagli o carotature contigue. Risulta inoltre assolutamente atossico, resistente agli aggressivi chimici, stabile. Il sistema andrà installato come una tradizionale batteria di impregnazione chimica, effettuando fori di mm 14 a circa cm 10 tra di loro. All'interno dei fori andranno inserite speciali resistenze elettriche (corazzate, di opportuna potenza collegate a centraline a basso voltaggio) in grado di riscaldare la muratura interessata fino ad una temperatura di 80-85 °C. Tale operazione dovrà avvenire in maniera lenta e graduale lasciando in funzione le resistenze anche per una notte intera. Il riscaldamento andrà regolato preventivamente da un termostato in grado di spegnere automaticamente il sistema che riprende solo al momento in cui la temperatura all'interno del muro scende di circa 3 °C, mantenendo la costante sulla fascia di impregnazione. Tale operazione si rende indispensabile, in primo luogo per eliminare gran parte dell'umidità presente, secondariamente per permettere al prodotto prefuso di espandersi all'interno della muratura. A temperatura ottimale raggiunta andrà inserito il prodotto impregnante (prefuso in apposito recipiente), attraverso i condotti (collegati alle resistenze elettriche sino all'interno dei fori), che si espanderà nei capillari sin dove la temperatura risulterà maggiore di quella di fusione del prodotto. In presenza di vuoti all'interno del muro non rilevati in fase di foratura, il materiale iniettato li andrà a riempire raffreddandosi ed autotamponandosi. Tutto il sistema dovrà lavorare a bassa tensione (24 volt), in condizioni di massima sicurezza utilizzando trasformatori di potenza in versione da 1000 a 8000 W, in grado di collegare sino a 100 resistenze da 80 W. Il numero di resistenze servite offre la possibilità di impregnare murature da 1 a 12 m lineari contemporaneamente ed indipendentemente dal loro spessore; in un giorno si può arrivare ad impregnare sino a m 15 lineari per muri con spessore di oltre cm 60. Il raffreddamento del muro inizia apprezzabilmente dopo circa 1 ora dallo spegnimento e procede, a seconda dello spessore, in tempi variabili da 3 a 24 ore, per portarsi alla temperatura ambiente.

Il sistema andrà impiegato solo ed esclusivamente su murature omogenee con temperature esterne elevate (oltre i 25 °C) in modo da evitare all'apparecchio murario riscaldato artificialmente shock termici elevati che potrebbero causare danni di natura fisico-meccanica.

Art. 4.20.7 - Barriere chimico-fisiche extramurarie

Nel caso in cui si verificassero infiltrazioni d'acqua provenienti da pareti contro terra inaccessibili si potrà optare per la esecuzione di opportuni sbarramenti chimico-fisici per iniezione.

Le iniezioni saranno da effettuarsi su più livelli tramite adatti tubi ad una distanza di circa cm 20-25 cm l'uno dall'altro. Si utilizzeranno monomeri liquidi a base di esteri metacrilati che andranno opportunamente catalizzati ed iniettati con pompe bicomponenti.

Il prodotto si trasforma in gel polimerico elastico per mezzo di un sistema catalitico in grado di modulare il tempo di polimerizzazione. I gel che si formano a processo avvenuto rigonfiano a contatto con l'acqua garantendo tenuta permanente contro venute d'acqua dolce o salmastra.

Il materiale da iniezione dovrà essere prodotto secondo le norme ISO/DIN 9001, risultare atossico e con viscosità simile a quella dell'acqua. Il polimero formatosi dopo l'iniezione e l'indurimento dovrà essere traspirabile al vapor d'acqua, non biodegradabile e impermeabile all'acqua liquida. Il pH della soluzione da iniettare e del polimero finale ottenuto dovrà essere uguale o maggiore di 7 onde evitare inneschi di fenomeni di corrosione delle armature metalliche.

A completamento dell'operazione impermeabilizzante possono essere utilizzati poliuretani acquareattivi che utilizzando l'acqua come reagente, risultano particolarmente adatti per sbarramenti verticali extramurari contro infiltrazioni dando luogo alla formazione di schiume rigide. Si possono impiegare unitamente a resine acriliche per il completamento della tenuta contro infiltrazioni d'acqua.

Art. 4.20.8 - Utilizzo di sistemi elettro-osmotici

Il sistema si basa sull'inversione del fenomeno fisico dell'elettro-osmosi, che si verifica per mezzo di una differenza di potenziale elettrico tra liquidi separati da un corpo poroso quale può essere una parete.

Agendo il terreno da polo positivo, le forze elettro-osmotiche tendono a trasportare l'acqua verso il muro che agisce da catodo (polo negativo). La differenza di potenziale, che esiste in un determinato luogo, fra il terreno nei suoi strati profondi e le murature a livello, dipende da fattori fisico-chimici, dalla quantità e qualità dell'acqua contenuta nel terreno, ecc., fattori dei quali ancora non è singolarmente individuata l'influenza sul fenomeno elettro-osmotico.

Esistono procedimenti di deumidificazione elettro-osmotica in grado di invertire la polarità, mediante un impianto composto da anodi inseriti nella muratura, da un catodo infisso nel terreno e da un alimentatore di corrente continua; tutto il sistema agisce in modo da spingere l'acqua dal muro nel terreno, eliminando alla base la risalita capillare.

Il sistema ha di norma trovato buona applicabilità in tutti quei casi in cui ci fosse bisogno di abbassare corposamente il contenuto d'acqua presente in materiali porosi. Materiali contenenti però un'altissima percentuale d'acqua (70-90%) ben diversa da quella che un mattone comune riesce ad accogliere (max 30%).

Il procedimento elettro-osmotico è così in grado di abbassare, nei materiali a grande assorbimento, il contenuto d'acqua sino al 25%, cosa che percentualmente sembra non avvenire nelle murature in mattoni che dall'iniziale 30% non scendono al di sotto del 12-14%.

Il dispositivo, applicazione di un principio fisico, può essere realizzato piuttosto semplicemente con una leggerissima corrente continua di 6-8 V. Viene di norma installato nei muri da prosciugare un conduttore di rame del diametro di circa mm 5 posato orizzontalmente a circa cm 70-80 dal terreno. Il conduttore può essere semplicemente accostato alla superficie esterna del paramento oppure incassato nella muratura o inglobato nell'intonaco.

Il filo di rame viene collegato elettricamente al muro tramite spezzoni (sonde) saldati ad esso a circa cm 50 l'uno dall'altro e infilati nella muratura tramite foratura con trapano o carotatrice. Il conduttore di rame viene poi collegato con delle prese a terra per chiudere il circuito, infisse nel terreno sino ad una quota inferiore al piano di fondazione.

Art. 4.20.9 - Utilizzo di intonaci macroporosi

Fino ad ora sono stati descritti metodi di eliminazione dell'umidità ottenuti tramite sbarramenti, deviazioni e convogliamenti delle acque utili ad eliminare fenomeni in atto di una certa consistenza e gravità.

Una metodologia volta al prosciugamento delle murature umide, che spesso viene applicata quale soluzione definitiva al problema, è quella che utilizza intonaci ad elevata porosità in grado di aumentare la velocità di evaporazione dell'acqua.

Di fatto tali tipi di intonaci applicati inopinatamente non saranno mai in grado di assicurare alcun tipo di deumidificazione, mentre garantiscono un buon prosciugamento dei residui di acqua (specialmente nella stagione calda e secca) una volta bloccata la fonte principale di adescamento. Saranno sempre e comunque da utilizzarsi con molta attenzione, avendo l'accortezza di analizzarne le componenti fisico-chimiche per non incorrere nel rischio di porre in opera intonaci esclusivamente idrorepellenti, che assolutamente non risolvono il problema, ma non fanno altro che spostarlo o mascherarlo. Inoltre, se applicati all'esterno, non possono impedire l'ingresso dell'acqua piovana nel muro; andranno pertanto trattati superficialmente con sostanze idrorepellenti (ma traspiranti - silani), o con intonachini di finitura sempre additivati con idrorepellenti, che in ogni caso ne diminuiscono le prestazioni.

Gli intonaci macroporosi sono in genere costituiti da malte di sabbia e cemento, cui si aggiunge una schiuma contenente prodotti porogeni ottenuta con una macchina soffiatrice. La schiuma ha lo scopo di aumentare il volume dei vuoti nell'intonaco, e quindi la superficie di evaporazione del muro. È da tenere presente che l'intonaco è formulato in modo da eliminare lo spostamento della massa umida dalla superficie del muro verso l'interno (effetto idrorepellente). Prima di dare l'intonaco a schiuma, che può certamente aumentare l'evaporazione, ma anche invertirne il processo se l'umidità relativa dell'atmosfera è maggiore della tensione di vapor d'acqua della muratura, è opportuno stendere un primo strato di intonaco, cui si è additivato un impermeabilizzante. Tale intonaco ha lo scopo di trasformare in vapore l'acqua pervenuta ad esso per via capillare: l'acqua, infatti, tenderà di raggiungere l'atmosfera per diffusione, non potendo trasmigrare per via capillare. Proprio alla composizione di questo primo strato di intonaco bisognerà porre molta attenzione, in particolar modo al tipo di prodotto impermeabilizzante che fungerà da additivo.

Art. 4.20.10 - Utilizzo di intonaci "deumidificanti"

Oltre agli intonaci macroporosi, è oggi presente sul mercato un certo numero di prodotti cosiddetti "deumidificanti" che possiedono caratteristiche tra le più svariate e che promettono risultati eccellenti per eliminare l'umidità presente nelle murature, il termine di per sé è improprio in quanto questi prodotti non eliminano l'umidità delle murature, risultando per lo più idrofobi. Sono essenzialmente intonaci posti in opera con trattamento di fondo a base di primer antisalino e/o idrofobizzante, intonaci realizzati in due strati, intonaci realizzati in uno strato. Gli intonaci possiedono, in genere, buoni valori di permeabilità, abbattuti però drasticamente dall'applicazione dei primer di fondo (applicati a spruzzo con funzione antisale, di idrofobizzazione o addirittura di impermeabilizzazione), o dove prevista l'applicazione di un secondo strato di intonaco sempre trattato con sostanze idrofobe.

Questi materiali possiedono quindi la capacità di non imbibirsi, conservando un buon aspetto per lungo tempo e riuscendo ad espellere l'umidità con percentuali molto basse in lungo periodo (non certamente più velocemente di un intonaco in malta di calce idraulica) e comunque per tenori di umidità non elevatissimi. Risultano adatti per situazioni particolari, possedendo inoltre buona resistenza alle sollecitazioni meccaniche dovute all'aggressione salina. Sono quindi applicabili: in caso di realizzazione di barriera chimica, nella parte bassa delle murature, su pareti con scarsa presenza di umidità, su pareti non più aggredite dal fenomeno avendo bloccato la fonte di innesco.

Gli intonaci andranno sempre applicati da personale specializzato in grado di rispettare gli accorgimenti costruttivi indicati per il prodotto, evitando lavorazioni eccessivamente spinte della malta sulla parete di utilizzo, in spessori consistenti ed omogenei.

Art. 4.20.11 - Utilizzo di intonaci idrofughi e pannelli a compensazione igrometrica

In presenza di murature umide, dove non risultasse possibile effettuare operazioni particolari di deumidificazione (pareti contro terra, locali interrati), in locali con scarsa aerazione ed evidenti fenomeni di condensa, si potranno utilizzare appositi intonaci idrofughi, pannelli isolanti e pannelli a compensazione igrometrica all'idrosilicato di calcio.

Il sistema, oltre che isolare i locali, ne modifica i valori microclimatici determinando un aumento di temperatura delle superfici e un abbassamento dell'umidità relativa grazie ad un assorbimento autoregolante a ciclo continuo (influenzato dalla presenza di persone e dai sistemi di aerazione).

Andranno eliminati gli intonaci esistenti utilizzando mezzi manuali e avendo cura di non intaccare il sottostante paramento murario. Seguirà la pulitura della muratura utilizzando spazzole morbide e piccoli attrezzi meccanici onde eliminare ogni residuo polverulento e preparare la superficie al nuovo rivestimento.

Il sistema potrà prevedere la realizzazione di pacchetti anticondensativi o completamente isolanti.

Nel primo caso sul paramento murario verrà applicato un nuovo intonaco opportunamente idrofugato, al quale verranno incollati pannelli in idrosilicato di calce. La finitura verrà garantita da una rasatura finale con nuovo intonaco in malta di calce idraulica.

Nel caso si dovesse necessitare di un completo isolamento tra muratura ed ambiente si realizzerà un doppio strato impermeabilizzante applicando un nuovo intonaco idrorepellente in malta cementizia additivata ed una successiva rasatura con cemento impermeabile. Seguiranno la messa in opera di pannelli di vetro cellulare a tenuta stagna e la successiva applicazione di pannelli in idrosilicato di calce. La finitura prevede sempre una rasatura con nuovo intonaco in malta di calce idraulica.

I pannelli saranno battentati e verranno applicati con idonei collanti.

Si potranno adottare anche sistemi di tipo misto prevedendo la realizzazione di intercapedini interne e di contropareti da rivestire sempre con intonaci e pannelli speciali.

Art. 4.20.12 - Eliminazione delle efflorescenze saline

Effettuati gli interventi di deumidificazione e di intercettazione dell'umidità da risalita, si presenta quasi sempre l'accentuato fenomeno dell'efflorescenza salina causata dalla migrazione dei sali igroscopici presenti all'interno della muratura (ma non più alimentati) verso la superficie esterna.

Buona norma sarà sempre, prima di procedere a qualsiasi trattamento o rivestimento superficiale, concedere un tempo relativamente lungo alle murature per espellere i sali ancora presenti. Tale tempo, difficilmente valutabile, non dovrà essere inferiore ai 4-6 mesi volendo ottenere un minimo di risultato. Nel caso di murature non intonacate, per accelerare il fenomeno ed evitare che i sali si depositino sulla superficie, si potrà procedere all'applicazione di un intonaco rinzaftato di assorbimento. Avrà struttura molto debole (300 kg di calce idrata per 1,00 mc di sabbia) per poter essere rimosso con estrema facilità prima dei trattamenti del paramento.

Negli altri casi, prima di procedere alla pulitura, bisognerà occuparsi dell'identificazione delle cause e del tipo di sale presente. Andranno pertanto prelevati campioni di materiale da analizzare in laboratorio o effettuare in situ un esame speditivo superficiale. Si potrà verificare l'aderenza dell'efflorescenza ai mattoni, la solubilità della sostanza in acqua e, in caso negativo, nell'acido cloridrico, la reattività chimica (effervescenza con acido cloridrico), il sapore (se salato o amaro). Queste semplici analisi possono darci indicazioni di massima sulla tipologia di sale presente suggerendo la modalità di intervento.

Il solfato di calcio (quasi sempre presente) determina un'efflorescenza molto aderente, non solubile in acqua, insapore e senza effervescenza al trattamento cloridrico. I solfati di sodio e di potassio danno luogo ad un tipo di efflorescenza polverulenta, con aghi cristallini, ramificata e, se come pellicola, si manifesta a fiori cristallini, è molto solubile in acqua, ha sapore salato. Il solfato di magnesio determina un tipo di efflorescenza simile per aspetto alla precedente, altamente solubile in acqua, ma dal sapore amaro. Il carbonato di calcio determina efflorescenza dal velo leggero, insolubile in acqua e dalla forte effervescenza in presenza di acido cloridrico.

Per il solfato ed il carbonato di calcio si potrà effettuare un lavaggio con soluzione al 10% di acido cloridrico e successivo abbondante lavaggio con acqua deionizzata. Per il carbonato di calcio è di norma sufficiente un'accurata spazzolatura da eseguire a secco. La stessa metodologia è utilizzabile per i solfati alcalini (sodio e potassio) facendo seguire alla spazzolatura abbondante risciacquo con acqua deionizzata.

Si potranno inoltre effettuare trattamenti con prodotti impregnanti o idrorepellenti (resine siliconiche) che tendono a trasformare chimicamente i composti igroscopici in composti stabili. Tali prodotti andranno utilizzati con grande cautela onde non causare ulteriori problemi alle murature quali il costipamento delle porosità (materiale non più traspirante) o la creazione di una pellicola idrofoba superficiale (formazione di bolle, esfoliazioni e distacchi causate dalla spinta dei sali). La conversione dei sali solubili in composti insolubili ha buoni esiti solo con i solfati, con i cloruri genera composti a bassa solubilità; i carbonati possono essere difficilmente convertiti, i nitrati risultano assolutamente refrattari al trattamento.

In casi particolari potranno anche eseguirsi iniezioni di acqua deionizzata all'interno delle murature onde accelerare il processo di migrazione dei sali verso l'esterno. Il processo è però molto lungo e richiede l'impiego di materiali e maestranze speciali.

Art. 4.21 - Opere in legname

Art. 4.21.1 - Opere da carpentiere

Tutti i legnami da impiegarsi in opere permanenti da carpentiere (grossa armatura di tetto, travature per solai, impalcati, ecc.) devono essere lavorati con la massima cura e precisione, secondo ogni buona Regola d'Arte e in conformità alle prescrizioni date dalla Direzione Lavori.

Tutte le giunzioni dei legnami debbono avere la forma e le dimensioni prescritte, ed essere nette e precise in modo da ottenere un perfetto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti.

Non sono tollerati alcun taglio in falso né zeppe o cunei o qualsiasi altro mezzo di guarnitura o ripieno.

Qualora venga ordinato dalla Direzione Lavori, nelle facce di giunzione verranno interposte delle lamine di piombo o di zinco, o anche del cartone incatramato.

Le diverse parti dei componenti un'opera in legname devono essere tra loro collegate solidamente mediante caviglie, chiodi, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia o altro, in conformità alle prescrizioni che saranno date.

Dovendosi impiegare chiodi per collegamento dei legnami, è espressamente vietato farne l'applicazione senza apparecchiare prima il conveniente foro col succhiello.

I legnami prima della loro posizione in opera e prima dell'esecuzione della spalmatura di catrame o della coloritura, se ordinata, debbono essere congiunti in prova nei cantieri, per essere esaminati ed accettati provvisoriamente dalla D.L. Tutte le parti dei legnami che rimangono incassate nella muratura devono, prima della posa in opera, essere convenientemente spalmate di catrame vegetale o di carbolineum e tenute, almeno lateralmente e posteriormente, isolate in modo da permettere la permanenza di uno strato di aria possibilmente ricambiabile.

Art. 4.21.2 - Infissi in legno - Norme generali

Per l'esecuzione dei serramenti o altri lavori in legno l'Appaltatore dovrà servirsi di una ditta specialista e ben accettata dalla D.L. Essi saranno sagomati e muniti degli accessori necessari, secondo i disegni di dettaglio, i campioni e le indicazioni che darà la D.L.

Il legname dovrà essere perfettamente lavorato e piallato e risultare, dopo ciò, dello spessore richiesto, intendendosi che le dimensioni dei disegni e gli spessori debbono essere quelli del lavoro ultimato, né saranno tollerate eccezioni a tale riguardo.

I serramenti e gli altri manufatti saranno piallati e raspati con carta vetrata e pomice, in modo da far scomparire qualsiasi sbavatura. È inoltre assolutamente proibito l'uso del mastice per coprire difetti naturali del legno o difetti di costruzione.

Le unioni dei ritti con traversi saranno eseguite con le migliori Regole dell'Arte: i ritti saranno continui per tutta l'altezza del serramento, ed i traversi collegati a dente e mortisa, con caviglie di legno duro e con biette, a norma delle indicazioni che darà la D.L.

I denti e gli incastri a maschio e femmina dovranno attraversare dall'una all'altra i pezzi in cui verranno calettati, e le linguette avranno comunemente la grossezza di $\frac{1}{3}$ del legno e saranno incollate.

Nei serramenti ed altri lavori a specchiatura, i pannelli saranno uniti ai telai ed ai traversi intermedi mediante scanalature nei telai e linguette nella specchiatura, con sufficiente riduzione dello spessore per non indebolire soverchiamente il telaio. Fra le estremità della linguetta ed il fondo della scanalatura deve lasciarsi un gioco per consentire i movimenti del legno della specchiatura.

Nelle fodere dei serramenti e dei rivestimenti, a superficie liscia o perlinata, le tavole di legno saranno connesse, a richiesta della D.L., o a dente e canale ed incollatura, oppure a canale unite da apposita animella o linguetta di legno duro incollata a tutta lunghezza.

Le battute delle porte senza telaio verranno eseguite a risega, tanto contro la mazzetta quanto fra le imposte.

Le unioni delle parti delle opere in legno e dei serramenti verranno fatte con viti; i chiodi o le punte di Parigi saranno consentiti soltanto quando sia espressamente richiesto dalla D.L.

Tutti gli accessori, ferri ed apparecchi a chiusura, di sostegno, di manovra ecc., dovranno essere, prima della loro applicazione, accettati dalla D.L. La loro applicazione ai vari manufatti dovrà venire eseguita a perfetto incastro, in modo da non lasciare alcuna discontinuità, quando sia possibile, mediante bulloni a viti.

Quando trattasi di serramenti da aprire e chiudere, ai telai maestri o ai muri dovranno essere sempre assicurati appositi ganci, catenelle o altro che, mediante opportuni occhielli ai serramenti, ne fissino la posizione quando i serramenti stessi debbono restare aperti. Per ogni serratura di porta o uscio dovranno essere consegnate due chiavi.

A tutti i serramenti ed altre opere in legno, prima del loro collocamento in opera e previa accurata pulitura a raspa e carta vetrata, verrà applicata una prima mano di olio di lino cotto accuratamente spalmato in modo che il legname ne resti ben impregnato. Essi dovranno conservare il loro colore naturale e, quando la prima mano sarà ben essiccata, si procederà alla loro posa in opera e quindi alla loro pulitura con pomice e carta vetrata.

Per i serramenti e le loro parti saranno osservate le prescrizioni di cui al seguente Art. 4.21.3, oltre alle norme che saranno impartite dalla D.L. all'atto pratico.

Resta inoltre stabilito che quando l'ordinazione riguarda la fornitura di più serramenti, appena avuti i particolari per la costruzione di ciascun tipo, l'Appaltatore dovrà allestire il campione di ogni tipo che dovrà essere approvato dalla D.L. e verrà depositato presso di essa. Detti campioni verranno posti in opera per ultimi, quando tutti gli altri serramenti saranno stati presentati ed accettati.

Ciascun manufatto in legno o serramento prima dell'applicazione della prima mano di olio di lino cotto dovrà essere sottoposto all'esame ed all'accettazione provvisoria della D.L., la quale potrà rifiutare tutti quelli che fossero stati verniciati o coloriti senza accettazione.

L'accettazione dei serramenti e delle altre opere in legno non è definita se non dopo che siano stati posti in opera, e se, malgrado ciò, i lavori andassero poi soggetti a fenditure e screpolature, incurvamenti e dissesti di qualsiasi specie, prima che l'opera sia definitivamente collaudata, l'Appaltatore sarà obbligato a rimediarvi, cambiando, a sue spese, i materiali e le opere difettose.

Art. 4.21.4 - Interventi di conservazione

Tutti i serramenti che a insindacabile giudizio della D.L. andranno completamente recuperati e conservati, andranno rimossi e ricoverati in laboratorio per effettuare tutte quelle idonee operazioni di pulitura, stuccatura, revisione, trattamento, necessarie per garantirne un buon funzionamento ed una buona tenuta migliorandone quindi le caratteristiche prestazionali richieste dalla normativa UNI.

Si effettueranno preventivamente operazioni di pulitura tramite abrasivatura delle superfici, eventuale utilizzo di appositi svernicianti (cloruro di metilene, metilchetone, acetone) e con generatori di aria calda. Si procederà in seguito ad operazioni di stuccatura e rasatura, all'eventuale sostituzione di parti eccessivamente degradate, all'incollatura, il rinzeppamento, l'incavicchiamento degli incastri. Si effettuerà la scartavetratura finale leggera, l'applicazione di doppia mano di olio di lino, l'applicazione di impregnante pigmentato o di adatta vernice coprente. Si verificherà inoltre la ferramenta, si effettuerà l'eventuale smontaggio e rimontaggio utilizzando nuove viti con il rinzeppamento dei fori. Il loro trattamento o la loro completa sostituzione saranno da concordarsi con la D.L.

L'Appaltatore dovrà inoltre migliorarne la tenuta all'acqua mediante l'applicazione di bande impermeabili verticali ed orizzontali (guarnizioni) che separino i paramenti esterni da quelli interni; migliorare la tenuta delle giunzioni poste tra il telaio fisso e la muratura sigillandole mediante specifici elastomeri siliconici, poliuretanici; migliorare la tenuta dei raccordi tra i serramenti ed i davanzali con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L. L'Appaltatore sarà inoltre tenuto ad impiegare guarnizioni dalle dimensioni e dallo spessore adatti, in modo che, dopo aver chiuso i serramenti, le loro cerniere non siano sottoposte a notevoli sollecitazioni.

Particolare attenzione sarà da dedicare nella scelta dei materiali di finitura e protezione. Dovranno essere reversibili, non ingiallire, essere compatibili con le caratteristiche fisiche del legno consolidato, quindi presentare una corretta elasticità e modulo elastico, facilità di manutenzione, non degradare sotto l'azione combinata dei raggi UV, degli agenti atmosferici, del microclima locale.

Saranno di vario tipo e verranno impiegati in base alla tipologia, esposizione ed esercizio del manufatto da proteggere. Saranno da evitare applicazioni di forti spessori di prodotto. Si potranno impiegare vernici a base di resine naturali (vernici a spirito o lacche all'alcool), vernici alla copale (soluzioni della resina in essenza di trementina, eventualmente addizionate con piccole quantità di olio essiccativo), vernici a base di resine sintetiche monocomponenti (le cosiddette flatting a base di oleo-resine) che possono essere trasparenti o pigmentate (queste ultime risultano più resistenti). Si potranno utilizzare in alternativa prodotti impregnanti non pellicolanti. Gli impregnati sono normalmente a base di oli o resine in solvente miscelati con adatti biocidi, sono applicabili a pennello, a rullo o per immersione, hanno un'ottima resistenza e penetrazione, consentono inoltre una facile manutenzione.

Ancora si potranno impiegare, in special modo su superfici piuttosto degradate e non esposte agli agenti atmosferici, materiali naturali quali olio di lino o cere naturali (normalmente cera d'api in soluzione al 40% in toluene).

Art. 4.22 - Opere in ferro

Art. 4.22.1 - Norme generali e particolari

Nei lavori in ferro questo deve essere lavorato diligentemente con maestria, regolarità di forme e precisione di dimensioni, secondo i disegni che fornirà la D.L., con particolare attenzione nelle saldature e bolliture. I fori saranno tutti eseguiti con il trapano, le chiodature, ribaditure ecc. dovranno essere perfette, senza sbavature; i tagli dovranno essere rifiniti a lima.

Saranno rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentino imperfezione o inizio di imperfezione.

Ogni pezzo od opera completa in ferro dovrà essere rifinita a piè d'opera colorita a minio.

Per ogni opera in ferro, a richiesta della D.L., l'Appaltatore dovrà presentare il relativo modello, per la preventiva approvazione.

L'Appaltatore sarà in ogni caso obbligato a controllare gli ordinativi ed a rilevare sul posto le misure esatte delle diverse opere in ferro, essendo egli responsabile degli inconvenienti che potessero verificarsi per l'ommissione di tale controllo.

In particolare si prescrive:

Inferriate, cancellate, cancelli ecc. - Saranno costruiti a perfetta Regola d'Arte, secondo i tipi che verranno indicati all'atto esecutivo. Essi dovranno presentare tutti i regoli ben dritti, spianati ed in perfetta composizione. I tagli delle

connessure per i ferri incrociati mezzo a mezzo dovranno essere della massima precisione ed esattezza, ed il vuoto di uno dovrà esattamente corrispondere al pieno dell'altro, senza la minima ineguaglianza o discontinuità.

Le inferriate con regoli intrecciati ad occhio non presenteranno nei buchi, formati a fuoco, alcuna fessura.

In ogni caso l'intreccio dei ferri dovrà essere dritto ed in parte dovrà essere munito di occhi, in modo che nessun elemento possa essere sfilato.

I telai saranno fissati ai ferri di orditura e saranno muniti di forti grappe ed arpioni, ben inchiodati ai regoli di telaio, dimensioni e posizioni che verranno indicate.

Infissi in ferro - Gli infissi per finestre, vetrate ed altro potranno essere richiesti con profilati in ferro-finestra o con ferri comuni profilati.

In tutti e due i casi dovranno essere simili al campione che potrà richiedere o fornire la Stazione appaltante. Gli infissi potranno avere parte fissa o apribile, anche a vasistas, come sarà richiesto; le chiusure saranno eseguite a ricupero ad asta rigida, con corsa inversa ed avranno il fermo inferiore e superiore. Il sistema di chiusura potrà essere a leva o a manopola a seconda di come sarà richiesto. Le cerniere dovranno essere a quattro maschiettature in numero di due o tre per ciascuna partita dell'altezza non inferiore a cm 12, con ghiande terminali.

Gli apparecchi di chiusura e di manovra in genere dovranno risultare bene equilibrati e non richiedere eccessivi sforzi per la chiusura.

Le manopole e le cerniere, se richiesto, saranno cromate.

Le ante apribili dovranno essere munite di gocciolatoio.

Le ferramenta di ritegno dovranno essere proporzionate alla robustezza dell'infisso stesso.

Art. 4.22.2 - Tipo delle opere in ferro

Art. 4.23 - Opere da vetraio, stagnaio, lattoniere

Art. 4.23.1 - Opere da vetraio

Le lastre di vetro saranno di norma chiare, del tipo indicato nell'elenco prezzi; per le latrine si adotteranno vetri rigati o smerigliati, il tutto salvo più precise indicazioni della D.L.

I vetraggi dovranno essere conformi alla normativa in vigore all'atto della posa per quanto riguarda la trasmitanza, il fattore solare, e la riduzione di emissività.

Per quanto riguarda la posa in opera le lastre di vetro verranno normalmente assicurate negli appositi incavi dei vari infissi in legno con adatte puntine e mastice da vetraio (formato con gesso e olio di lino cotto), spalmando prima uno strato sottile di mastice sui margini verso l'esterno del battente nel quale deve collocarsi la lastra.

Collocata questa in opera, saranno stuccati i margini verso l'interno col mastice ad orlo inclinato a 45 gradi, ovvero si fisserà mediante regoletti di legno e viti.

Potrà inoltre essere richiesta la posa delle lastre entro intelaiature ad incastro, nel qual caso le lastre, che verranno infilate dall'apposita fessura praticata nella traversa superiore dell'infisso, dovranno essere accuratamente fissate con spessori invisibili, in modo che non vibrino.

Sugli infissi in ferro le lastre di vetro potranno essere montate o con stucco ad orlo inclinato, come sopra accennato, o mediante regoletti di metallo o di legno fissati con viti; in ogni caso si dovrà avere particolare cura nel formare un finissimo strato di stucco su tutto il perimetro della battuta dell'infisso contro cui dovrà appoggiarsi il vetro, e nel ristuccare accuratamente dall'esterno tale strato con altro stucco, in modo da impedire in maniera sicura il passaggio verso l'interno dell'acqua piovana battente a forza contro il vetro e far sì che il vetro sia riposto tra due strati di stucco (uno verso l'esterno e uno verso l'interno).

Potrà essere richiesta infine la fornitura di vetro isolante e diffusore (tipo Termolux o simile), formato da due lastre di vetro chiaro dello spessore di mm 2,2 racchiudenti uno strato uniforme (dello spessore da mm 1 a 3) di feltro di fili o fibre di vetro trasparente, convenientemente disposti rispetto alla direzione dei raggi luminosi, racchiuso e protetto da ogni contatto con l'aria esterna mediante un bordo perimetrale di chiusura, largo da mm 10 a 15 costituito da uno speciale composto adesivo resistente all'umidità.

Lo stucco da vetraio dovrà sempre essere protetto con una verniciatura base di minio ed olio di lino cotto; quello per la posa del Termolux sarà del tipo speciale adatto.

Il collocamento in opera delle lastre di vetro, cristallo, ecc. potrà essere richiesto a qualunque altezza ed in qualsiasi posizione, e dovrà essere completato da una perfetta pulitura delle due facce delle lastre stesse, che dovranno risultare perfettamente lucide e trasparenti.

L'impresa ha l'obbligo di controllare gli ordinativi, dei vari tipi di vetri passatigli dalla D.L., rilevandone le esatte misure ed i quantitativi, e di segnalare a quest'ultima le eventuali discordanze, restando a suo completo carico gli inconvenienti di qualsiasi genere che potessero derivare dall'omissione di tale tempestivo controllo.

Essa ha anche l'obbligo della posa in opera di ogni specie di vetri e cristalli, anche se forniti da altre ditte ai prezzi di tariffa.

Ogni rottura di vetri o cristalli, avvenuta prima della presa in consegna da parte della Direzione Lavori, sarà a carico dell'Impresa.

Art. 4.23.2 - Opere da stagnaio in genere

I manufatti in latta, in lamiera di ferro nera o zincata, in ghisa, in zinco, in rame, in piombo, in ottone, in alluminio o in altri materiali dovranno essere delle dimensioni e forme richieste, nonché lavorati a Regola d'Arte, con la maggiore precisione.

Detti lavori saranno dati in opera, salvo contraria precisazione contenuta nella tariffa dei prezzi, completi di ogni accessorio necessario al loro perfetto funzionamento, come raccordi di attacco, coperchi, viti di spurgo in ottone o bronzo, pezzi speciali e sostegni di ogni genere (braccetti, grappe, ecc.). Saranno inoltre verniciati con una mano di catrame liquido, ovvero di minio ed olio di lino cotto, od anche due mani di vernice comune, a seconda delle disposizioni della D.L.

Le giunzioni dei pezzi saranno fatte mediante chiodature, ribattiture o saldature, secondo quanto prescritto dalla stessa Direzione Lavori ed in conformità ai campioni che dovranno essere presentati per l'approvazione.

L'Impresa ha l'obbligo, su richiesta della D.L., di presentare i progetti delle varie opere, tubazioni, reti di distribuzione, di raccolta, ecc., completi dei relativi calcoli, disegni e relazioni, di apportarvi le modifiche che saranno richieste e di ottenere l'approvazione da parte della Direzione stessa prima dell'inizio delle opere stesse.

Art. 4.23.3 - Tubazioni e canali di gronda

Fissaggio delle tubazioni - Tutte le condutture non internate dovranno essere fissate e sostenute con convenienti staffe, cravatte, mensole, grappe o simili, in numero tale da garantire il loro perfetto ancoraggio alle strutture di sostegno. Tali sostegni, eseguiti di norma in ferro o in ghisa malleabile, dovranno essere in due pezzi, snodati a cerniera o con fissaggio a vite, in modo da permettere la rapida rimozione del tubo, ed essere disposti a distanze non superiori a m 1.

Canali di gronda - Potranno essere in lamiera di ferro zincato, in lamiera di rame, in ardesia artificiale a seconda delle prescrizioni dell'elenco prezzi. Dovranno essere posti in opera con le esatte pendenze, prescritte dalla D.L.

Quelli in lamiera di rame o zincata verranno sagomati in tondo o a gola con riccio esterno, ovvero a sezione quadra o rettangolare, secondo le prescrizioni della D.L., e forniti in opera con le occorrenti unioni o risvolti per seguire la linea di gronda, i pezzi speciali di imboccatura ecc. e con robuste cicogne in ferro o in rame per sostegno, modellati secondo quanto sarà disposto e murate o fissate all'armatura della copertura a distanze non maggiori di m 0,60. Le giunzioni dovranno essere chiodate con ribattini di rame e saldate con saldatura a ottone (canali in lamiera zincata) o a stagno (canali in lamiera di rame) a perfetta tenuta; tutte le parti metalliche dovranno essere verniciate con doppia mano di minio oleofenolico e olio di lino cotto.

Art. 4.24 - Opere da pittore

Art. 4.24.1 - Norme generali

Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici, e precisamente da raschiature, scrostature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorre per uguagliare le superfici medesime.

Successivamente le dette superfici dovranno essere perfettamente levigate con carta vetrata e, quando trattasi di coloriture o verniciature, nuovamente stuccate, indi pomicate e lisce, previa imprimitura, con modalità e sistemi atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

Speciale riguardo dovrà aversi per le superfici da rivestire con vernici. Per le opere in legno, la stuccatura ed imprimitura dovrà essere fatta con mastici adatti e la levigatura e rasatura delle superfici dovrà essere perfetta.

Per le opere metalliche la preparazione delle superfici dovrà essere preceduta dalla raschiatura delle parti ossidate ed eventuale sabbiatura al metallo bianco.

Le tinteggiature, coloriture e verniciature dovranno, se richiesto, essere anche eseguite con colori diversi su una stessa parete, complete di rifilettature, zoccoli e quant'altro occorre per l'esecuzione dei lavori a Regola d'Arte.

La scelta dei colori è dovuta al criterio insindacabile della D.L. e non sarà ammessa alcuna distinzione tra colori ordinari e colori fini, dovendosi in ogni caso fornire i materiali più fini e delle migliori qualità.

Le successive passate di coloritura ad olio e verniciatura dovranno essere di tonalità diverse, in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllare il numero delle passate che sono state applicate.

In caso di contestazione, qualora l'Appaltatore non sia in grado di dare la dimostrazione del numero delle passate effettuate, la decisione sarà a sfavore dell'Appaltatore stesso. Comunque esso ha l'obbligo, dopo l'applicazione di ogni passata e prima di procedere all'esecuzione di quella successiva, di farsi rilasciare da personale della Direzione una dichiarazione scritta.

Prima di iniziare le opere da pittore, l'Impresa ha inoltre l'obbligo di eseguire, nei luoghi e con le modalità che le saranno prescritti, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte sia per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della D.L. Essa dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite (pavimenti, rivestimenti, infissi ecc.), restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati.

Art. 4.24.2 - Esecuzioni particolari

Le opere dovranno eseguirsi di norma combinando opportunamente le operazioni elementari e le particolari indicazioni che seguono.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di variare, a suo insindacabile giudizio, le opere elementari elencate in appresso, sopprimendone alcune o aggiungendone altre che ritenesse più particolarmente adatte al caso specifico, e l'Impresa dovrà uniformarsi a tali prescrizioni senza potere perciò sollevare eccezioni di sorta. Il prezzo dell'opera stessa subirà in conseguenza semplici variazioni in meno o in più, in relazione alle varianti introdotte ed alle indicazioni della tariffa prezzi, senza che l'Impresa possa accampare perciò diritto a compensi speciali di sorta.

Tinteggiatura a calce - La tinteggiatura a calce degli intonaci interni e la relativa preparazione consisterà in:

- 1) spolveratura e raschiatura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) applicazione di due mani di tinta a calce.

Gli intonaci nuovi dovranno avere già ricevuto la mano preventiva di latte di calce denso (scialbatura).

Tinteggiatura a colla e gesso - Sarà eseguita come appresso:

- 1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) spalmatura di colla temperata;
- 5) rasatura dell'intonaco ed ogni altra idonea preparazione;
- 6) applicazione di due mani di tinta a colla e gesso.

Tale tinteggiatura potrà essere eseguita a mezze tinte oppure a tinte forti e con colori fini.

Verniciatura ad olio - Le verniciature comuni ad olio su intonaci interni saranno eseguite come appresso:

- 1) spolveratura e raschiatura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) spalmatura di colla forte;
- 5) applicazione di una mano preparatoria di vernice ad olio con aggiunta di acquaragia per facilitare l'assorbimento ed eventualmente di essiccativo;
- 6) stuccatura con stucco ad olio;
- 7) accurato levigamento con carta vetrata e lisciatura;
- 8) seconda mano di vernice ad olio con minori proporzioni di acquaragia;
- 9) terza mano di vernice ad olio con esclusione di diluente.

Per la verniciatura comune delle opere in legno le operazioni elementari si svolgeranno come per la verniciatura degli intonaci, con la omissione delle operazioni n. 2 e 4; per le opere in ferro, l'operazione n. 5 sarà sostituita, con una spalmatura di minio, la n. 7 sarà limitata ad un conguagliamento della superficie e si ometteranno le operazioni n. 2, 4 e 6.

Verniciature a smalto comune - Saranno eseguite con appropriate preparazioni, a seconda del grado di rifinitura che la D.L. vorrà conseguire ed a seconda del materiale da ricoprire (intonaci, opere in legno, ferro ecc.).

A superficie debitamente preparata si eseguiranno le seguenti operazioni:

- 1) applicazione di una mano di vernice a smalto con lieve aggiunta di acquaragia;
- 2) leggera pomiciatura a panno;
- 3) applicazione di una seconda mano di vernice a smalto con esclusione di diluente.

Velature - Qualora si dovessero eseguire tinteggiature con effetto di velatura, l'Appaltatore non potrà assolutamente ottenere questo tipo di finitura diluendo le tinte oltre i limiti consigliati dal produttore o consentiti dalla vigente normativa UNI relativa alla classe di prodotto utilizzato. La velatura dovrà essere realizzata nel seguente modo:

- tinte a calce: lo strato di imprimitura (bianco o leggermente in tinta) verrà steso nello spessore più adatto a regolarizzare l'assorbimento del supporto in modo da diminuire il quantitativo di tinta da applicare come mano di finitura;
- tinte al silicato di potassio: la velatura si otterrà incrementando, nella mano di fondo, il quantitativo di bianco di titanio rutilo e, contemporaneamente, diminuendo il quantitativo di tinta nella mano di finitura;
- tinte polimeriche: la velatura si otterrà incrementando nella mano di fondo il quantitativo di pigmento bianco e miscelando le tinte basi coprenti della mano di finitura con un appropriato quantitativo di tinta polimerica trasparente. La tinta trasparente dovrà essere costituita (pena l'immediata perdita del prodotto) dallo stesso polimero utilizzato per la produzione della tinta base.

Art. 4.25 Impianti ascensore

4.25.1 - Generalità

I requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione degli ascensori e dei componenti di sicurezza sono disciplinati dal **D.P.R. 30 aprile 1999, n. 162**, recante il regolamento contenente norme per l'attuazione della **direttiva 95/16/CE** sugli ascensori, e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio.

4.25.2 - Considerazioni generali

Applicazione della **direttiva 89/392/CEE**, modificata dalle **direttive 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE**.

Allorquando il rischio corrispondente sussiste e non è trattato nell'allegato I del **D.P.R. 162/1999**, si applicano i requisiti essenziali di salute e di sicurezza di cui all'allegato I della **direttiva 89/392/CEE**. In ogni caso, si applica il requisito essenziale di cui al punto 1.1.2 dell'allegato I della **direttiva 83/392/CEE**.

4.25.3 - Osservazioni preliminari

Gli obblighi previsti dai requisiti essenziali di sicurezza e di salute si applicano soltanto se sussiste il rischio corrispondente per l'ascensore o per il componente di sicurezza in questione allorché viene utilizzato alle condizioni previste dall'installatore dell'ascensore o dal fabbricante del componente di sicurezza.

I requisiti essenziali di sicurezza e di salute elencati nella direttiva sono inderogabili. Tuttavia, tenuto conto dello stato della tecnica, gli obiettivi da essi prefissi possono non essere raggiunti. In questo caso e nella misura del possibile, l'ascensore o il componente di sicurezza deve essere costruito per tendere verso tali obiettivi.

Il fabbricante del componente di sicurezza e l'installatore dell'ascensore hanno l'obbligo di effettuare un'analisi dei rischi per individuare tutti quelli che concernono il loro prodotto. Devono, inoltre, costruirlo tenendo presente tale analisi.

4.25.4 - Cabina

La cabina deve essere costruita in modo da offrire lo spazio e la resistenza corrispondenti al numero massimo di persone e al carico nominale dell'ascensore fissati dall'installatore.

Se l'ascensore è destinato al trasporto di persone e le dimensioni lo permettono, la cabina deve essere costruita in modo da non ostacolare o impedire tramite le sue caratteristiche strutturali l'accesso e l'uso da parte dei disabili e in modo da permettere tutti gli adeguamenti appropriati destinati a facilitarne l'utilizzazione.

4.25.5 - Elementi di sospensione e elementi di sostegno

Gli elementi di sospensione e/o sostegno della cabina, compresi i collegamenti e gli attacchi terminali, devono essere studiati in modo da garantire un adeguato livello di sicurezza totale e ridurre al minimo il rischio di caduta della cabina, tenendo conto delle condizioni di utilizzazione, dei materiali impiegati e delle condizioni di fabbricazione.

Qualora per la sospensione della cabina si utilizzino funi o catene, devono esserci almeno due funi o catene indipendenti l'una dall'altra, ciascuna con un proprio sistema di attacco. Tali funi o catene non devono comportare né raccordi né impiombature, eccetto quelli necessari al loro fissaggio o al loro allacciamento.

4.25.6 - Controllo delle sollecitazioni (compresa la velocità eccessiva)

Gli ascensori devono rendere senza effetto l'ordine di comando dei movimenti, qualora il carico superi il valore nominale.

Gli ascensori devono essere dotati di un dispositivo limitatore di velocità eccessiva. Detti requisiti non si applicano agli ascensori che, per la progettazione del sistema di azionamento, non possono raggiungere una velocità eccessiva.

Gli ascensori a velocità elevata devono essere dotati di un dispositivo di controllo e di regolazione della velocità.

Gli ascensori con puleggia di frizione devono essere progettati in modo che sia assicurata la stabilità delle funi di trazione sulla puleggia.

4.25.7 - Motore

Ciascun ascensore destinato al trasporto di persone deve avere un proprio macchinario. Questo requisito non concerne gli ascensori in cui i contrappesi siano sostituiti da una seconda cabina.

L'installatore dell'ascensore deve prevedere che il macchinario e i dispositivi associati di un ascensore non siano accessibili tranne che per la manutenzione e per i casi di emergenza.

4.25.8 - Comandi

I comandi degli ascensori destinati al trasporto dei disabili non accompagnati devono essere opportunamente progettati e disposti.

La funzione dei comandi deve essere chiaramente indicata.

I circuiti di azionamento di una batteria di ascensori possono essere destinati o interconnessi.

Il materiale elettrico deve essere installato e collegato in modo che:

- sia impossibile fare confusione con circuiti non appartenenti all'ascensore;
- l'alimentazione di energia possa essere commutata sotto carico;
- i movimenti dell'ascensore dipendano da meccanismi di sicurezza collocati in un circuito di comando a sicurezza intrinseca;
- un guasto all'impianto elettrico non provochi una situazione pericolosa.

4.25.9 - Rischi per le persone al di fuori della cabina

L'ascensore deve essere progettato e costruito in modo tale che l'accesso al volume percorso dalla cabina sia impedito, tranne che per la manutenzione e i casi di emergenza. Prima che una persona si trovi in tale volume, l'utilizzo normale dell'ascensore deve essere reso impossibile.

L'ascensore deve essere costruito in modo da impedire il rischio di schiacciamento quando la cabina venga a trovarsi in una posizione estrema. Tale obiettivo si raggiunge mediante uno spazio libero o un volume di rifugio oltre le posizioni estreme.

Gli accessi di piano per l'entrata e l'uscita della cabina devono essere muniti di porte di piano aventi una resistenza meccanica sufficiente in funzione delle condizioni di uso previste.

Nel funzionamento normale, un dispositivo di interbloccaggio deve rendere impossibile:

- un movimento della cabina comandato deliberatamente se non sono chiuse e bloccate tutte le porte di piano;
- l'apertura di una porta di piano se la cabina non si è fermata ed è al di fuori della zona di piano prevista a tal fine.

Tuttavia, tutti i movimenti di ripristino del livello al piano con porte aperte sono ammessi nelle zone definite, a condizione che la velocità di tale ripristino sia controllata.

4.25.10 - Rischi per le persone nella cabina

Le cabine degli ascensori devono essere completamente chiuse da pareti cieche, compresi pavimenti e soffitti (a eccezione di aperture di ventilazione), e dotate di porte cieche. Le porte delle cabine devono essere progettate e installate in modo che la cabina non possa effettuare alcun movimento, tranne quelli di ripristino del livello se le porte non sono chiuse, e si fermi in caso di apertura delle porte.

Le porte delle cabine devono rimanere chiuse e bloccate in caso di arresto tra due livelli se esiste un rischio di caduta tra la cabina e le difese del vano o in mancanza di difese del vano.

In caso di guasto dell'alimentazione di energia o dei componenti, l'ascensore deve essere dotato di dispositivi destinati a impedire la caduta libera della cabina o movimenti ascendenti incontrollati di essa.

Il dispositivo che impedisce la caduta libera della cabina deve essere indipendente dagli elementi di sospensione della cabina.

Tale dispositivo deve essere in grado di arrestare la cabina con il suo carico nominale e alla velocità massima prevista dall'installatore dell'ascensore. L'arresto dovuto all'azione di detto dispositivo non deve provocare una decelerazione pericolosa per gli occupanti, in tutte le condizioni di carico.

Devono essere installati ammortizzatori tra il fondo del vano di corsa e il pavimento della cabina. In questo caso, lo spazio libero deve essere misurato con gli ammortizzatori completamente compressi. Detto requisito non si applica agli ascensori la cui cabina, per la progettazione del sistema di azionamento, non può invadere lo spazio libero.

Gli ascensori devono essere costruiti in modo tale da poter essere messi in movimento soltanto se il dispositivo è in posizione operativa.

4.25.11 - Altri rischi

Quando sono motorizzate, le porte di piano, le porte delle cabine o l'insieme di esse devono essere munite di un dispositivo che eviti i rischi di schiacciamento durante il loro movimento.

Quando devono contribuire alla protezione dell'edificio contro l'incendio, le porte di piano, incluse quelle che comprendono parti vetrate, devono presentare un'adeguata resistenza al fuoco, caratterizzata dalla loro integrità e dalle loro proprietà relative all'isolamento (non propagazione della fiamma) e alla trasmissione di calore (irraggiamento termico).

Gli eventuali contrappesi devono essere installati in modo tale da evitare qualsiasi rischio di collisione con la cabina o di caduta sulla stessa.

Gli ascensori devono essere dotati di mezzi che consentano di liberare e di evacuare le persone imprigionate nella cabina.

Le cabine devono essere munite di mezzi di comunicazione bidirezionali che consentano di ottenere un collegamento permanente con un servizio di pronto intervento.

Gli ascensori devono essere progettati e costruiti in modo tale che, se la temperatura nel locale del macchinario supera quella massima prevista dall'installatore dell'ascensore, essi possano terminare i movimenti in corso e non accettino nuovi ordini di manovra.

Le cabine devono essere progettate e costruite in modo da assicurare un'aerazione sufficiente ai passeggeri, anche in caso di arresto prolungato.

Nella cabina vi deve essere un'illuminazione sufficiente durante l'uso o quando una porta è aperta. Inoltre, deve esistere un'illuminazione di emergenza.

I mezzi di comunicazione e l'illuminazione di emergenza devono essere costruiti per poter funzionare anche in caso di mancanza di energia normale di alimentazione. Il loro tempo di funzionamento deve essere sufficiente per consentire il normale svolgimento delle operazioni di soccorso.

Il circuito di comando degli ascensori utilizzabili in caso di incendio deve essere progettato e costruito in modo che si possa evitarne l'arresto ad alcuni piani e consentire il controllo preferenziale dell'ascensore da parte delle squadre di soccorso.

4.25.12 - Marcatura

Oltre alle indicazioni minime prescritte per qualsiasi macchina conformemente al punto 1.7.3 dell'allegato I della direttiva 89/392/CEE, ogni cabina deve essere dotata di una targa ben visibile, nella quale siano chiaramente indicati il carico nominale di esercizio in chilogrammi e il numero massimo di persone che possono prendervi posto, nonché il numero di matricola.

Se l'ascensore è progettato in modo tale che le persone imprigionate nella cabina possano liberarsi senza ricorrere ad aiuto esterno, le istruzioni relative devono essere chiare e visibili nella cabina.

4.25.13 - Istruzioni per l'uso

I componenti di sicurezza di cui all'allegato IV del citato **D.P.R. n. 162/1999** devono essere corredati di un libretto d'istruzioni redatto in lingua italiana o in un'altra lingua comunitaria accettata dall'installatore, di modo che il montaggio, i collegamenti, la regolazione e la manutenzione, possano essere effettuati correttamente e senza rischi.

Detta documentazione deve comprendere almeno:

- un libretto d'istruzioni contenente i disegni e gli schemi necessari all'utilizzazione normale, nonché alla manutenzione, all'ispezione, alla riparazione, alle verifiche periodiche e alla manovra di soccorso;
- un registro sul quale si possono annotare le riparazioni e, se del caso, le verifiche periodiche.

4.25.14 - Marcatura CE di conformità

Il D.P.R. n. 162/1999, all'art. 7 ha introdotto la marcatura CE di conformità, costituita dalle iniziali CE, secondo il modello grafico di cui all'allegato III dello stesso decreto.

La marcatura CE deve essere apposta in ogni cabina di ascensore in modo chiaro e visibile, conformemente al punto 5 dell'allegato I della direttiva 89/392/CEE, e deve altresì essere apposta su ciascun componente di sicurezza elencato nell'allegato IV sempre del D.P.R. n. 162/1999 o, se ciò non è possibile, su un'etichetta fissata al componente di sicurezza.

È vietato apporre sugli ascensori o sui componenti di sicurezza marcature che possano indurre in errore i terzi circa il significato e il simbolo grafico della marcatura CE. Sugli ascensori o sui componenti di sicurezza può essere apposto ogni altro marchio, purché questo non limiti la visibilità e la leggibilità della marcatura CE.

Quando sia accertata un'apposizione irregolare di marcatura CE, l'installatore dell'ascensore, il fabbricante del componente di sicurezza o il mandatario di quest'ultimo stabilito nel territorio dell'Unione europea devono conformare il prodotto alle disposizioni sulla marcatura CE.

In caso di riduzione o di ingrandimento della marcatura CE, devono essere rispettate le proporzioni indicate nel simbolo di cui sopra.

I diversi elementi della marcatura CE devono avere sostanzialmente la stessa dimensione verticale, che non può essere inferiore a 5 mm. Per i componenti di sicurezza di piccole dimensioni si può derogare a detta dimensione minima.

4.25.15 - Componenti di sicurezza

L'elenco dei componenti di sicurezza di cui all'art. 1, comma 1, e all'art. 8, comma 1, del D.P.R. n. 162/1999 è il seguente:

- dispositivi di bloccaggio delle porte di piano;
- dispositivi paracadute (di cui al paragrafo 3.2 dell'allegato 1) che impediscono la caduta della cabina o movimenti ascendenti incontrollati;
- dispositivi di limitazione di velocità eccessiva;
- ammortizzatori ad accumulazione di energia a caratteristica non lineare o con smorzamento del movimento di ritorno;

- ammortizzatori a dissipazione di energia;
- dispositivi di sicurezza su martinetti dei circuiti idraulici di potenza quando sono utilizzati come dispositivi paracadute;
- dispositivi elettrici di sicurezza con funzione di interruttori di sicurezza con componenti elettronici.

4.25.16 - Requisiti dimensionali e prestazionali degli ascensori per i soggetti portatori di handicap

I requisiti dimensionali e prestazionali degli ascensori previsti dal **D.M. n. 236/1989** per i soggetti portatori di handicap sono i seguenti:

a) negli edifici di nuova edificazione non residenziali l'ascensore deve avere le seguenti caratteristiche:

- cabina di dimensioni minime di 1,40 m di profondità e 1,10 m di larghezza;
- porta con luce netta minima di 0,80 m, posta sul lato corto;
- piattaforma minima di distribuzione, anteriore alla porta della cabina, di 1,50 m x 1,50 m.

b) negli edifici di nuova edificazione residenziali l'ascensore deve avere le seguenti caratteristiche:

- cabina di dimensioni minime di 1,30 m di profondità e 0,95 m di larghezza;
- porta con luce netta minima di 0,80 m posta sul lato corto;
- piattaforma minima di distribuzione, anteriore alla porta della cabina, di 1,50 m x 1,50 m.

c) l'ascensore, in caso di adeguamento di edifici preesistenti, ove non sia possibile l'installazione di cabine di dimensioni superiori, può avere le seguenti caratteristiche:

- cabina di dimensioni minime di 1,20 m di profondità e 0,80 m di larghezza;
- porta con luce netta minima di 0,75 m posta sul lato corto;
- piattaforma minima di distribuzione, anteriore alla porta della cabina, di 1,40 m x 1,40 m.

Le porte di cabina e di piano devono essere del tipo a scorrimento automatico. Nel caso di adeguamento, la porta di piano può essere ad anta incernierata, purché dotata di sistema per l'apertura automatica.

In tutti i casi, le porte devono rimanere aperte per almeno otto secondi e il tempo di chiusura non deve essere inferiore a quattro secondi.

L'arresto ai piani deve avvenire con autolivellamento, con tolleranza massima ± 2 cm.

Lo stazionamento della cabina ai piani di fermata deve avvenire con porte chiuse.

La botoniera di comando interna ed esterna deve avere i bottoni a una altezza massima compresa tra 1,10 m e 1,40 m; per ascensori del tipo a), b) e c); la botoniera interna deve essere posta su una parete laterale ad almeno 35 cm dalla porta della cabina.

Nell'interno della cabina, oltre al campanello di allarme, deve essere posto un citofono ad altezza compresa tra 1,10 m e 1,30 m e una luce d'emergenza con autonomia minima di tre ore.

I pulsanti di comando devono prevedere la numerazione in rilievo e le scritte con traduzione in braille (in adiacenza alla botoniera esterna deve essere posta una placca di riconoscimento di piano in caratteri braille).

Si deve prevedere la segnalazione sonora dell'arrivo al piano e, ove possibile, l'installazione di un sedile ribaltabile con ritorno automatico.

4.25.17 Impianto elettrico

L'impianto elettrico degli ascensori, oltre alle norme specifiche, deve fare riferimento alle seguenti norme riguardanti:

- il quadro di sezionamento locale dell'ascensore (elevatore);
- gli impianti elettrici di alimentazione e gli impianti ausiliari per gli ascensori;
- gli ascensori antincendio e di soccorso.

QUADRO DI SEZIONAMENTO LOCALE DELL'ASCENSORE (ELEVATORE)

Il quadro elettrico di sezionamento locale ascensore può essere di competenza:

- dell'installatore elettrico;
- dell'installatore dell'impianto di ascensore.

Il quadro elettrico di sezionamento delle linee di energia e luce e di protezione delle linee luce deve avere struttura in materiale isolante o lamiera, posizionato all'interno del locale sala macchina ascensori, immediatamente vicino alla porta d'ingresso.

Per impianti senza locale macchina (*Machine Room Less*, MRL), le apparecchiature del quadro devono essere posizionate all'interno del pannello di manutenzione posto all'esterno del vano corsa. Il grado di protezione deve essere di almeno IP 30.

Il quadro deve contenere indicativamente un interruttore di sezionamento della linea di energia per ciascun ascensore, con protezione magnetotermica del tipo:

- con protezione differenziale (di tipo B in presenza di circuiti in corrente continua: IEC 60755);
- con sensibilità massima di 1,0 A e sensibilità minima di 0,3 A per impianti dotati di variatore di frequenza.

Per gli ascensori dotati di dispositivi di emergenza per il riporto della cabina al piano in caso di mancanza di tensione, l'interruttore generale o il comando per l'interruttore devono avere un polo supplementare per l'apertura del circuito di alimentazione del suddetto dispositivo.

Norme di riferimento

UNI EN 81.1;

UNI EN 81.2;

CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1);

CEI 23 - 51;

IEC 60755.

IMPIANTI ELETTRICI DI ALIMENTAZIONE E IMPIANTI AUSILIARI PER GLI ASCENSORI

La linea di alimentazione di un ascensore deve partire dall'interruttore di protezione differenziale posto sul quadro elettrico generale, che può essere posizionato:

- nel locale contatore;
- nel locale portineria o piano.

L'interruttore generale posto sul quadro interruttori del locale del macchinario deve poter togliere tensione all'impianto, salvo che alle linee di illuminazione. In alcuni casi, per impianti senza locale del macchinario, può essere richiesto un sezionatore sottocarico da posizionarsi all'interno del vano corsa all'ultimo piano dell'edificio servito dall'ascensore.

La sensibilità dell'interruttore differenziale del quadro elettrico di distribuzione dell'energia (posto all'inizio della linea di alimentazione) deve essere tale da garantire la protezione dai contatti indiretti e consentire la continuità di servizio dell'impianto.

Se gli ascensori devono essere dotati di dispositivi di emergenza per il riporto della cabina al piano in caso di mancanza di tensione, l'interruttore generale o il comando per l'interruttore devono avere un polo supplementare per l'apertura del circuito di alimentazione del suddetto dispositivo.

Nei vani corsa e nei locali del macchinario degli ascensori, non devono essere disposte condutture o tubazioni che non appartengano agli impianti ascensori stessi, salvo le eventuali condutture per il riscaldamento del vano, a condizione che non siano a vapore o ad acqua in pressione, e che le apparecchiature di regolazione siano poste al di fuori del vano.

I vani corsa devono essere illuminati artificialmente. Nella fossa devono essere installati in posizione accessibile dall'ingresso:

- una presa protetta;
- un interruttore per l'accensione dell'illuminazione;
- un pulsante per l'arresto in emergenza dell'ascensore.

Tutte le cabine degli impianti devono essere munite di un mezzo di comunicazione bidirezionale che consenta di comunicare con un servizio di pronto intervento. Tale requisito normalmente rende necessaria l'adozione di una linea telefonica dedicata (fissa o mobile, di tipo GSM).

NORME DI RIFERIMENTO

CEI 64-8;

CEI Guida 64-50;

UNI EN 81-1;

UNI EN 81-2;

UNI EN 81-28;

IEC 60755.

ASCENSORI ANTINCENDIO E DI SOCCORSO

Nei vani corsa e nei locali del macchinario degli ascensori non devono essere disposte condutture o tubazioni che non appartengano agli impianti ascensori stessi, salvo le eventuali condutture per il riscaldamento del vano, a condizione che non siano a vapore o ad acqua in pressione, e che le apparecchiature di regolazione siano poste al di fuori del vano.

I vani corsa devono essere illuminati artificialmente. Nella fossa devono essere installati una presa protetta, un interruttore per l'accensione dell'illuminazione e un pulsante per l'arresto in emergenza dell'ascensore accessibili dall'ingresso.

Il tetto della cabina deve essere dotato di una botola delle dimensioni minime di 0,50 x 0,70 m.

Tutte le cabine degli impianti devono essere munite di un mezzo di comunicazione bidirezionale che consenta di comunicare con un servizio di pronto intervento. Tale requisito normalmente rende necessaria l'adozione di una linea telefonica dedicata (fissa o mobile, di tipo GSM).

La linea di alimentazione deve essere distinta dalle linee di alimentazione di altri ascensori e deve essere suddivisa in:

- alimentazione ordinaria;
- alimentazione secondaria di sicurezza.

I montanti dell'alimentazione elettrica secondaria del macchinario devono essere separati dall'alimentazione primaria del macchinario e devono avere una protezione non inferiore a quella richiesta per il vano corsa e comunque non inferiore a REI 60.

In caso di incendio il passaggio dall'alimentazione primaria a quella secondaria di sicurezza deve essere automatico per cui occorre prevedere un dispositivo di tele-commutazione, ubicato:

- all'interno del locale macchina (qualora esistente);
- in armadio posto in corrispondenza nell'ultima fermata in alto in prossimità del pannello di manutenzione (qualora non esista il locale macchina).

NORME DI RIFERIMENTO

CEI 68-4;

UNI EN 81-1;

UNI EN 81-28;

UNI EN 81-58;

UNI EN 81-72;

UNI EN 81-73.

4.25.18 - Regole di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi

I vani degli impianti di sollevamento devono essere conformi al **D.M. 15 settembre 2005**.

4.25.18.1- Disposizioni generali

Le pareti del vano di corsa, le pareti del locale del macchinario (se esiste) e le pareti del locale delle pulegge di rinvio (se esiste), ivi compresi porte e portelli di accesso, nel caso in cui non debbano partecipare alla compartimentazione dell'edificio, devono comunque essere costituite da materiale non combustibile.

Le pareti del locale del macchinario (se esiste) e le pareti del locale delle pulegge di rinvio (se esiste), ivi comprese le loro porte e botole di accesso, se poste in alto e se esigenze di compartimentazione lo richiedano, devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco uguali o superiori a quelle richieste per le pareti del vano di corsa con il quale comunicano.

I setti di separazione tra vano di corsa e locale del macchinario (se esiste) o locale delle pulegge di rinvio (se esiste) devono essere realizzati con materiale non combustibile. I fori di comunicazione, attraverso detti setti per passaggio di funi, cavi o tubazioni, devono avere le dimensioni minime indispensabili.

All'interno del vano di corsa, del locale del macchinario (se esiste), del locale delle pulegge di rinvio (se esiste) e delle aree di lavoro destinate agli impianti di sollevamento, non devono esserci tubazioni o installazioni diverse da quelle necessarie al funzionamento o alla sicurezza dell'impianto, come prescritto dalla **direttiva 95/16/ce**.

L'intelaiatura di sostegno della cabina deve essere realizzata con materiale non combustibile. Le pareti, il pavimento e il tetto devono essere costituiti da materiali di classe di reazione al fuoco non superiore a 1. Per gli ascensori antincendio e per quelli di soccorso, anche le pareti, il pavimento e il soffitto della cabina devono essere realizzati con materiale non combustibile.

Le aree di sbarco protette, realizzate negli edifici, quando necessario davanti agli accessi di piano degli impianti di sollevamento, nonché nell'eventuale piano predeterminato d'uscita, di cui al paragrafo 86.5.5, devono essere tali che si possa ragionevolmente escludere ogni possibilità d'incendio in esse.

4.25.18.2 - Vano di corsa

In relazione alle pareti del vano di corsa, si distinguono tre tipi di impianti di sollevamento:

- in vano aperto;
- in vano protetto;
- in vano a prova di fumo.

4.25.18.3 - Vano aperto

Si considera *vano aperto* un vano di corsa che non deve costituire compartimento antincendio. In tal caso, è sufficiente che le pareti del vano di corsa e le porte di piano e le eventuali altre porte o portelli di soccorso e ispezione siano realizzati con materiali non combustibili.

4.25.18.4 - Vano protetto

Si considera *vano protetto* un vano di corsa per il quale sono soddisfatti i seguenti requisiti:

- le pareti del vano di corsa, comprese le porte di piano, le porte di soccorso, le porte e i portelli d'ispezione, le pareti del locale del macchinario (se esiste), le pareti del locale delle pulegge di rinvio (se esiste), nonché gli spazi del macchinario e le aree di lavoro (se disposti fuori del vano di corsa), devono avere le stesse caratteristiche di resistenza al fuoco del compartimento. Gli eventuali fori di passaggio di funi, cavi e tubi relativi all'impianto, che devono

attraversare gli elementi di separazione resistenti al fuoco, devono avere le dimensioni minime indispensabili in relazione a quanto stabilito al paragrafo 86.5.1;

- tutte le porte di piano, d'ispezione e di soccorso devono essere a chiusura automatica e avere le stesse caratteristiche di resistenza al fuoco del compartimento.

4.25.18.5 - Vano a prova di fumo

Si considera *vano a prova di fumo* un vano di corsa per il quale siano soddisfatti i seguenti requisiti:

- le pareti del vano di corsa devono essere separate dal resto dell'edificio a tutti i piani e su tutte le aperture, ivi comprese le porte di piano, di soccorso e di ispezione sul vano di corsa, mediante filtro a prova di fumo. È consentito che il filtro a prova di fumo sia unico per l'accesso sia alle scale sia all'impianto di sollevamento, fatta eccezione per gli impianti di cui ai successivi paragrafi 86.5.6 e 86.5.7;

- le pareti del vano di corsa, comprese le porte di piano, le porte di soccorso, le porte e i portelli d'ispezione, le pareti del locale del macchinario (se esiste), le pareti del locale delle pulegge di rinvio (se esiste), nonché gli spazi del macchinario e le aree di lavoro (se disposti fuori del vano di corsa) devono avere le stesse caratteristiche di resistenza al fuoco del compartimento. Gli eventuali fori di passaggio di funi, cavi e tubi relativi all'impianto, che devono attraversare gli elementi di separazione resistenti al fuoco, devono avere le dimensioni minime indispensabili in relazione a quanto stabilito al paragrafo 86.5.1;

- le porte di piano, di ispezione e di soccorso possono dare accesso direttamente ad aree di sbarco che siano aperte per almeno un lato verso uno spazio scoperto, ovvero verso filtri a prova di fumo.

4.25.18.6 - Accessi al locale del macchinario, agli spazi del macchinario e/o alle aree di lavoro

Per i vani di cui ai paragrafi 86.5.2.3 e 86.5.6, gli accessi al locale del macchinario, se esiste, gli accessi al locale delle pulegge di rinvio, se esiste, nonché agli spazi del macchinario e alle aree di lavoro devono avvenire attraverso spazi scoperti o protetti con filtri a prova di fumo.

Per i vani di cui al paragrafo 86.5.7, gli accessi al locale del macchinario e gli accessi al locale delle pulegge di rinvio (se esiste) devono avvenire attraverso spazi scoperti o protetti con filtri a prova di fumo, con esclusione di quelli in sovrappressione.

Nei vani di cui ai paragrafi 86.5.2.2, 86.5.2.3 e 86.5.6, in cui sono installati impianti di sollevamento ad azionamento idraulico, i serbatoi che contengono l'olio devono essere chiusi e costruiti in acciaio. Le tubazioni per l'olio, se installate fuori del vano di corsa, devono essere di acciaio. In alternativa, i serbatoi e le tubazioni devono essere protetti dall'incendio e dotati di chiusure capaci di trattenere l'olio.

Le aree di lavoro, poste fuori del vano di corsa, devono essere facilmente e chiaramente individuate e devono essere ubicate in ambienti aventi caratteristiche conformi a quelle stabilite al paragrafo 86.5.2 per il vano di corsa.

4.25.18.7 - Aerazione del vano di corsa, dei locali del macchinario, delle pulegge di rinvio e/o degli ambienti contenenti il macchinario

Le aerazioni del vano di corsa, del locale del macchinario (se esiste), del locale delle pulegge di rinvio (se esiste) e/o degli spazi del macchinario devono essere fra loro separate e aperte direttamente o con canalizzazioni anche ad andamento suborizzontale, verso spazi scoperti, a condizione che sia garantito il tiraggio. Le canalizzazioni devono essere realizzate con materiale non combustibile.

L'aerazione del vano di corsa, degli spazi del macchinario o dei locali del macchinario e/o delle pulegge di rinvio (se esistono) deve essere permanente e realizzata mediante aperture, verso spazi scoperti, non inferiori al 3% della superficie in pianta del vano di corsa e dei locali, con un minimo di:

- 0,20 m² per il vano di corsa;

- 0,05 m² per il locale del macchinario (se esiste) e per il locale delle pulegge di rinvio (se esiste).

Dette aperture devono essere realizzate nella parte alta delle pareti del vano e/o dei locali da aerare e devono, inoltre, essere protette contro gli agenti atmosferici e contro l'introduzione di corpi estranei (animali vari, volatili, ecc.). Tali protezioni non devono consentire il passaggio di una sfera di diametro maggiore di 15 mm. Quando il vano di corsa è aperto su spazi scoperti, per esso non è richiesta aerazione.

La canalizzazione di aerazione del vano può attraversare il locale del macchinario, se esiste, o delle pulegge di rinvio. Allo stesso modo, la canalizzazione di aerazione degli ambienti contenenti il macchinario o del locale del macchinario (se esiste) può attraversare il vano di corsa e il locale delle pulegge di rinvio o altri locali interni dell'edificio, purché garantisca la prevista compartimentazione.

4.25.18.8 - Misure di protezione attiva

Se in vano protetto o in vano a prova di fumo, gli impianti di sollevamento, quando le esigenze di compartimentazione dell'edificio lo richiedono, prima che la temperatura raggiunga un valore tale da comprometterne il funzionamento, previo comando proveniente dal sistema di rilevazione di incendio dell'edificio, devono inviare la cabina al piano predeterminato di uscita e permettere a qualunque passeggero di uscire.

In prossimità dell'accesso agli spazi e/o al locale del macchinario deve essere disposto un estintore di classe 21a89bc, idoneo per l'uso in presenza d'impianti elettrici.

Nel locale del macchinario (se esiste), possono essere adottati impianti di spegnimento automatici, a condizione che siano del tipo previsto per incendi di natura elettrica, convenientemente protetti contro gli urti accidentali, e tarati a una temperatura nominale d'intervento tale che intervengano dopo che l'ascensore si sia fermato a seguito della manovra prevista al precedente paragrafo.

4.25.18.9 - Vani di corsa per ascensore antincendio

Il vano di corsa per un ascensore antincendio deve rispondere alle caratteristiche indicate al paragrafo 86.5.2.3 e alle seguenti ulteriori misure:

- tutti i piani dell'edificio devono essere serviti dall'ascensore antincendio;
- l'uscita dall'ascensore deve immettere in luogo sicuro, posto all'esterno dell'edificio, in corrispondenza del piano predeterminato di uscita, direttamente o tramite percorso orizzontale protetto di lunghezza non superiore a 15 m, ovvero di lunghezza stabilita dalle disposizioni tecniche di settore;
- le pareti del vano di corsa, il locale del macchinario (se esiste), gli spazi del macchinario e le aree di lavoro di un ascensore antincendio devono essere distinti da quelli degli altri eventuali ascensori e appartenere a compartimenti differenti;
- gli elementi delle strutture del vano di corsa, del locale del macchinario (se esiste) o degli spazi del macchinario e delle aree di lavoro, se disposti fuori del vano di corsa, devono avere una resistenza al fuoco corrispondente a quella del compartimento e comunque non inferiore a rei 60;
- l'accesso al locale macchinario (se esiste), agli spazi del macchinario o alle aree di lavoro deve avvenire da spazio scoperto, esterno all'edificio o attraverso un percorso, protetto da filtro a prova di fumo di resistenza al fuoco corrispondente a quella del compartimento e comunque non inferiore a rei 60;
- ad ogni piano, all'uscita dall'ascensore, deve essere realizzata un'area dedicata di almeno 5 m² aperta, esterna all'edificio, oppure protetta da filtro a prova di fumo di resistenza al fuoco corrispondente a quella del compartimento e comunque non inferiore a rei 60;
- la botola installata sul tetto della cabina, per il salvataggio o per l'autosalvataggio di persone intrappolate, deve essere prevista con dimensioni minime di 0,50 m x 0,70 m, di facile accesso sia dall'interno, con la chiave di sblocco, sia dall'esterno della cabina. Le dimensioni interne della cabina devono essere di almeno 1,10 m x 2,10 m, con accesso sul lato più corto;
- le porte di piano devono avere resistenza al fuoco non inferiore a quella richiesta per il vano di corsa e, comunque, non inferiore a rei 60;
- la linea di alimentazione di un ascensore antincendio deve essere distinta da quella di ogni altro ascensore presente nell'edificio e deve avere una doppia alimentazione primaria e secondaria di sicurezza;
- i montanti dell'alimentazione elettrica del macchinario devono essere separati dall'alimentazione primaria e avere una protezione non inferiore a quella richiesta per il vano di corsa e, comunque, non inferiore a rei 60;
- in caso di incendio, il passaggio da alimentazione primaria ad alimentazione secondaria di sicurezza deve essere automatico;
- i locali del macchinario e delle pulegge di rinvio (se esistono) e il tetto di cabina devono essere provvisti di illuminazione di emergenza, con intensità luminosa di almeno 5 lux, a 1 m di altezza sul piano di calpestio e dotata di sorgente autonoma incorporata, con autonomia di almeno un'ora e, comunque, non inferiore al tempo di resistenza richiesto per l'edificio;
- in caso di incendio, la manovra di questi ascensori deve essere riservata ai vigili del fuoco ed eventualmente agli addetti al servizio antincendio opportunamente addestrati;
- un sistema di comunicazione bidirezionale deve collegare in maniera permanente la cabina all'ambiente contenente il macchinario o al locale del macchinario (se esiste) e alle aree di sbarco;
- nel progetto dell'edificio devono essere adottate misure idonee a limitare il flusso d'acqua nel vano di corsa, durante le operazioni di spegnimento di un incendio. Il materiale elettrico all'interno del vano di corsa (nella zona che può essere colpita dall'acqua usata per lo spegnimento dell'incendio) e l'illuminazione del vano, devono avere protezione ipx3;
- gli ambienti e le aree di sbarco protette devono essere tali da consentire il funzionamento corretto della manovra degli ascensori antincendio per tutto il tempo prescritto per la resistenza al fuoco dell'edificio;
- gli ascensori antincendio non vanno computati nella valutazione delle vie di esodo.

4.25.18.10 - Vano di corsa per ascensore di soccorso

Quando in un edificio, in relazione alle specifiche disposizioni di prevenzione incendi, deve essere installato un ascensore di soccorso, utilizzabile in caso di incendio, installato esclusivamente per trasporto delle attrezzature del servizio antincendio ed, eventualmente, per l'evacuazione di emergenza delle persone, devono essere adottate, oltre alle misure di cui al paragrafo 86.5.6, anche le seguenti:

- il numero degli ascensori di soccorso deve essere definito in modo da servire con essi l'intera superficie orizzontale di ciascun piano dell'edificio;
- il locale del macchinario deve essere installato nella sommità dell'edificio con accesso diretto dal piano di copertura del medesimo;
- non è ammesso un azionamento di tipo idraulico;
- i condotti di aerazione del locale del macchinario devono essere separati da quelli del vano di corsa. In caso di condotto di aerazione del vano di corsa, che attraversasse il locale del macchinario o che fosse contiguo, il condotto di aerazione deve essere segregato e protetto con materiali aventi resistenza al fuoco di almeno rei 120;
- le dimensioni interne minime della cabina e dell'accesso devono essere stabilite in base alle esigenze dei Vigili del fuoco e, in ogni caso, non devono essere inferiori ai seguenti valori:
 - larghezza: 1,10 m;
 - profondità: 2,10 m;
 - altezza interna di cabina: 2,15 m;
 - larghezza accesso (posto sul lato minore) 1 m.
- le porte di piano e di cabina devono essere ad azionamento manuale. La porta di cabina, in particolare, deve essere a una o più ante scorrevoli orizzontali. Al fine di assicurare la disponibilità dell'impianto, anche in caso di uso improprio, deve essere installato un dispositivo che, quando il tempo di sosta della cabina a un piano diverso di quello di accesso dei Vigili del fuoco supera i due minuti, riporti automaticamente la cabina al piano anzidetto. Un allarme luminoso e acustico, a suono intenso non inferiore ai 60 dB(A), deve segnalare il fallimento di questa manovra al personale dell'edificio. Tale allarme non deve essere operativo quando l'ascensore è sotto il controllo dei Vigili del fuoco;
- un interruttore a chiave, posto a ogni piano servito, deve consentire ai Vigili del fuoco di chiamare direttamente l'ascensore di soccorso;
- per l'autosalvataggio, dall'interno della cabina, deve essere presente una scala che consenta di raggiungere in sicurezza il tetto della cabina stessa attraverso la relativa botola. Per consentire il diretto e facile accesso alla botola, all'interno della cabina non sono ammessi controsoffitti.

4.25.19 Norme di esercizio

L'uso degli ascensori in caso d'incendio è vietato. Presso ogni porta di piano di ogni ascensore deve essere affisso un cartello con l'iscrizione "Non usare l'ascensore in caso d'incendio". In edifici di civile abitazione è sufficiente prevedere l'affissione del cartello solo presso la porta del piano principale servito e di tutti gli altri piani da cui si può accedere dall'esterno.

In caso d'incendio è consentito unicamente l'uso di ascensori antincendio e di soccorso, in relazione a quanto stabilito dalle specifiche regole tecniche di settore. Inoltre, è proibito accendere fiamme libere in cabina, nel vano di corsa, nei locali del macchinario e delle pulegge di rinvio e nelle aree di lavoro, nonché depositare in tali ambienti materiale estraneo al funzionamento dell'ascensore.

I suddetti divieti, limitazioni e condizioni di esercizio devono essere segnalati con apposita segnaletica conforme al D.Lgs. n. 81/2008.

IMPIANTI ELETTRICI

SOMMARIO

| | |
|--|------------|
| 1. OGGETTO DELL'APPALTO E NORME GENERALI | 152 |
| 1.1 OGGETTO DELL'APPALTO..... | 152 |
| 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE..... | 153 |
| 2.1 ONERI ED OBBLIGHI DELLE DITTE - ASSISTENZE MURARIE | 153 |
| 2.1.1 <i>Specifica delle opere murarie</i> | <i>155</i> |
| 2.2 NORME DI MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI | 156 |
| 2.3 LIVELLO DI QUALITÀ DEI MATERIALI - MARCHE DI RIFERIMENTO | 158 |
| 2.4 SCELTA ED APPROVAZIONE DEI MATERIALI DA PARTE DELLA DL | 160 |
| 2.5 CAMPIONATURA APPARECCHIATURE ELETTRICHE | 160 |
| 2.6 DISEGNI DI CANTIERE E DI MONTAGGIO | 161 |
| 2.7 VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI - COLLAUDO APPARECCHIATURE E IMPIANTI | 162 |
| 2.8 DISEGNI DEFINITIVI IMPIANTI - MATERIALE ILLUSTRATIVO - MANUALE ED ISTRUZIONI..... | 165 |
| 2.9 CARATTERISTICHE E CONTENUTI DEL PIANO DI MANUTENZIONE..... | 166 |
| 3. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEGLI IMPIANTI | 167 |
| 4. CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI E NORME DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI | 167 |
| 4.1 QUADRI DI BASSA TENSIONE | 167 |
| 4.2 APPARECCHIATURE DI BASSA TENSIONE..... | 171 |
| 4.2.1 <i>Interruttori scatolati da 100 a 630 A.....</i> | <i>171</i> |
| 4.2.2 <i>Interruttori di manovra-sezionatori da 40 a 160 A.....</i> | <i>175</i> |
| 4.2.3 <i>Interruttori di manovra-sezionatori da 250 a 2500 A.....</i> | <i>175</i> |
| 4.2.4 <i>Interruttori automatici magnetot. diff. modulari da 0,5 a 63 A (uso domestico e similare)</i> | <i>176</i> |
| 4.2.5 <i>Interruttori automatici magnetotermici e diff. modulari da 0,5 a 100 A (uso industriale)</i> | <i>177</i> |
| 4.3 CONDUTTORI, CAVI E ACCESSORI..... | 179 |
| 4.4 CANALI POSACAVI | 180 |
| 4.5 CAVIDOTTI, CASSETTE E SCATOLE DI DERIVAZIONE | 181 |
| 4.6 CHIUSINI O SIGILLI IN GHISA DA UTILIZZARSI PER LAVORI STRADALI | 183 |
| 4.7 IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE LUCE E FM..... | 183 |
| 4.8 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI LUCE E FM..... | 186 |
| 4.9 IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI | 188 |
| 4.10 IMPIANTO ANTINTRUSIONE..... | 194 |
| 4.11 IMPIANTO TRASMISSIONE DATI..... | 197 |
| 4.12 IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE | 199 |

1. OGGETTO DELL'APPALTO E NORME GENERALI

1.1 Oggetto dell'appalto

L'Appalto ha per oggetto la fornitura, l'esecuzione, la messa a punto, la messa a norma ed il collaudo di tutte le opere e provviste di materiali occorrenti per gli impianti elettrici e gli impianti speciali descritti nel presente documento, che fanno parte integrante del Progetto Esecutivo e che saranno realizzati alla Ditta Appaltatrice.

I nuovi impianti e le relative apparecchiature dovranno essere forniti completamente ultimati, eseguiti secondo la buona regola dell'arte, la normativa tecnica e le prescrizioni del presente documento, nonché perfettamente funzionanti.

Il presente documento riguarda quindi le opere necessarie per la realizzazione degli impianti elettrici e di tutti gli impianti speciali previsti nell'abito dell'intervento di restauro ed, del complesso storico costituito dalla Villa Loredan sita a Stra (VE)

Gli impianti elettrici, speciali ed affini rientranti nell'intervento si possono così elencare:

IMPIANTI ELETTRICI

- Nuovo quadro elettrico fornitura villa Q.F;
- Nuovo quadro elettrico generale Q.G.;
- Nuovo quadro elettrico piano terra Q.P1;
- Nuovo quadro elettrico piano secondo Q.P2;
- Nuovo quadro elettrico fornitura manifestazioni Q.FM;
- Nuovo quadro elettrico generale manifestazioni Q.GM;
- Fornitura e posa in opera di gruppo UPS a servizio pompe di sollevamento;
- cavidotti, tubazioni e canalizzazioni orizzontali e verticali per la distribuzione principale e secondaria di bassa tensione;
- impianto di illuminazione ordinaria;
- impianti di illuminazione di sicurezza;
- ripristino impianto di illuminazione esterna esistente;
- impianti di utilizzazione e forza motrice;
- impianti a servizio dei sistemi termotecnici;
- apparecchi illuminanti ordinari e di sicurezza interni;
- impianto di automazione bus;
- installazione di impianto antintrusione;
- installazione di impianto rivelazione incendi;
- installazione di impianto trasmissione dati (rete passiva);
- impianto di terra ed LPS;
- predisposizione impianto televisivo terrestre-satellitare;
- predisposizione impianto audio a servizio della sala conferenze;
- predisposizione impianto TVCC;
- predisposizione impianto richiesta udienza;

L'appalto comprende tutto quanto necessario, anche in via accessoria e complementare, nulla escluso o eccettuato, per la completa realizzazione a perfetta regola d'arte, secondo le specifiche di progetto, le istruzioni della D.L., usando comunque materiali di prima scelta, nel tempo totale complessivo e nei tempi parziali previsti dal Capitolato Speciale, di quanto indicato nel progetto, nella Relazione Tecnica e/o Illustrativa e negli altri allegati, ivi compresi i documenti per la sicurezza.

L'Appaltatore per il solo fatto di sottoscrivere il Contratto d'Appalto, riconosce di aver ricevuto gli elementi necessari per la piena identificazione dell'oggetto dell'appalto.

Qualora, durante la progettazione di cantiere o di officina, o durante le fasi preliminari di predisposizione dei lavori, l'Appaltatore si rendesse conto della mancanza nel progetto di alcuni dettagli essenziali o si rendesse conto che alcuni dettami progettuali non sono compatibili con l'esecuzione a perfetta regola d'arte, egli dovrà tempestivamente informare la D.L. con la quale verranno concordate, se necessarie, le opportune varianti o messe a punto progettuali. Se ciò non avverrà prima della fine della progettazione di cantiere (di cui si tratterà successivamente) si intende che l'Appaltatore non ha obiezione alcuna.

In ogni caso l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun indennizzo per dette varianti o messe a punto progettuali, in quanto il medesimo si è impegnato a fornire l'opera commissionata, completa ed eseguita a regola d'arte.

L'Appaltatore non avrà diritto ad alcun indennizzo qualora il Committente, a suo insindacabile giudizio, decida di stralciare delle opere o parti di opera dal presente progetto.

2. Descrizione delle opere

Al fine di meglio precisare la tipologia degli impianti ed i requisiti richiesti dalla Committente, le opere che formano oggetto dell'appalto risultano descritte nella Relazione Tecnica Illustrativa allegata al presente Capitolato di cui è parte integrante.

Per quanto concerne le modalità di esecuzione e le specifiche tecniche delle varie apparecchiature si farà riferimento rispettivamente agli articoli successivi del presente Capitolato ed all'Elenco Prezzi Unitari o Elenco Descrittivo Voci ad esso allegato.

2.1 Oneri ed obblighi delle Ditte - assistenze murarie

Si premette che, quanto di seguito indicato come onere ed obbligo per le Ditte è anche onere ed obbligo per l'Impresa Generale.

Oltre a tutto quanto previsto sono a carico delle diverse Ditte e s'intendono remunerati dal prezzo d'appalto anche i seguenti oneri e/o obblighi, prestazioni e spese relative:

- 1) La programmazione: la Ditta nello svolgimento dei propri lavori è tenuta ad adattare i propri tempi di lavoro e/o fornitura a quanto previsto dal programma generale e dal programma di dettaglio predisposto dall'Impresa Generale.

La Ditta, per il solo fatto di sottoscrivere il Contratto d'Appalto, dichiara di conoscere gli anzidetti programmi e di poter ad essi adeguare i propri tempi di lavoro e/o fornitura.

Immediatamente dopo l'assegnazione dell'appalto la Ditta elaborerà, nel rispetto dei programmi anzidetti, il proprio programma di dettaglio dei lavori, che metterà a punto con l'Impresa Generale con la collaborazione e l'accordo della D.L., tenendo conto delle esigenze di tutti gli altri Appaltatori coinvolti.

Ogni deficienza od inerzia o esigenza non realistica della Ditta o delle altre parti potrà essere superata da determinazioni della D.L., che ne comunicherà il contenuto alle medesime; ove queste avessero obiezioni dovranno muoverle per iscritto entro 5 giorni naturali, in mancanza di che le determinazioni della D.L. si intenderanno accettate; ove venissero mosse obiezioni che risultassero non superabili né compatibili con l'avanzamento dei lavori, la Committente si riserva il diritto di risolvere il contratto. Il programma dovrà essere aggiornato ogni qual volta sia necessario e comunque ad ogni richiesta dell'Impresa Generale o della Direzione Lavori.

Anche per l'aggiornamento varrà quanto stabilito per l'elaborazione del programma così come detto al terzo e quarto capoverso del presente paragrafo.

La Direzione Lavori, inoltre, potrà rifiutarsi di inoltrare lo stato d'avanzamento in mancanza dell'aggiornamento del programma.

La Ditta prende atto ed esplicitamente accetta che, in relazione alla complessità delle opere, i suoi interventi possano subire degli spostamenti nel tempo e delle variazioni di durata, rispetto a quanto previsto nei programmi iniziali accettati ed elaborati.

La Ditta si impegna comunque ad adeguare sempre le proprie attività in cantiere alle effettive esigenze ed al reale sviluppo dei lavori senza richiedere compensi extra o danni di sorta, salvo la possibilità di ricorrere alla decisione della D.L. nel caso sia danneggiata da altri ritardi particolarmente gravi.

Per le stesse ragioni la Ditta riconosce che, in caso di proprio ritardo grave, essa potrà trovarsi obbligata a corrispondere non solo le penali previste dal Capitolato Speciale, ma anche i danni arrecati alla Committente ed agli altri Appaltatori e ciò secondo le decisioni della D.L. salvo facoltà di adire ad arbitrato.

- 2) La programmazione minuta quotidiana delle assistenze: la Ditta riconosce la necessità ed il diritto dell'Impresa Generale di programmare e coordinare con un ragionevole anticipo l'impiego dei mezzi di cantiere e la fornitura delle assistenze edili alle diverse Ditte. Di conseguenza la Ditta riconosce ed accetta di partecipare obbligatoriamente e fattivamente alle riunioni periodiche di cantiere.

- 3) La pulizia: quotidianamente la Ditta raccoglierà i propri materiali residui e rifiuti e li depositerà nel punto che sarà stato indicato dall'Impresa Generale; da tale punto in poi l'onere e la responsabilità dello sgombero di rifiuti non faranno più carico alla Ditta.

Alla fine del lavoro la Ditta consegnerà i propri manufatti perfettamente puliti e rimuoverà dalle zone circostanti ogni residuo di propri materiali o di detriti da lei stessa prodotti.

Sia per le pulizie quotidiane che per la pulizia finale, la D.L. avrà la facoltà, dopo preavviso di 24 ore, di chiedere l'intervento dell'Impresa o di imprese specializzate addebitando il relativo costo all'Appaltatore inadempiente.

- 5) Le assistenze murarie accessorie agli impianti, nonché le opere di fissaggio a mezzo di tasselli o di bulloni ad espansione di staffe, mensole, tubazioni, passerelle, canaline e cavidotti elettrici e di quant'altro pertinente agli impianti stessi sono remunerate con il prezzo degli impianti stessi. Restano escluse e quindi a carico della Committente le eventuali opere murarie interessanti le strutture portanti dell'edificio come meglio specificato dall'articolo successivo.

La Ditta dovrà peraltro fornire alla Committente i disegni esecutivi delle stesse con un congruo anticipo rispetto ai termini previsti per i lavori. La Ditta inoltre dovrà dare tutta la necessaria assistenza tecnica sul posto in quanto sarà pienamente responsabile dell'idoneità delle opere di cui al presente punto, alla corretta installazione degli impianti ed al loro funzionamento.

In particolare, per quanto riguarda la formazione dei basamenti, la Ditta dovrà dare tutte le opportune disposizioni sui provvedimenti da adottare per garantirne la portata e contro la trasmissione di rumorosità e vibrazioni dovute alle apparecchiature da installare.

- 6) Verifiche preliminari: la Ditta installatrice dovrà sempre e comunque verificare, misurare ed acquisire i dati relativi agli assorbimenti effettivi di tutti gli apparecchi utilizzatori installati o da installare in campo (compresi quelli termotecnici, impiantistica speciale, ecc.); sulla scorta dei dati effettivi saranno scelti e/o confermati i dispositivi di sezionamento, comando e protezione da inserire nei vari quadri elettrici e saranno stabilite definitivamente le sezioni e le formazioni dei cavi delle linee di alimentazione. La Ditta dovrà assicurare, inoltre, che il raggruppamento dei circuiti nelle vie cavi sia tale da rispettare la portata di progetto o

comunque previste per il corretto funzionamento degli apparecchi o degli impianti da alimentare. Pertanto il numero dei circuiti, la formazione dei circuiti di alimentazione, la tipologia dei cavi utilizzati, ecc., da posare entro la stessa via cavi, dovrà essere tale da ottemperare la suddetta prescrizione. La Ditta dovrà inoltre verificare e coordinare l'eventuale interferenza con altre tipologie di impianti, quali ad esempio: canali aria, tubazioni spegnimento incendio, scarichi, tubazioni, ecc.

La Ditta dovrà garantire le future ampliabilità dei sistemi e degli impianti, riservando margini di ampliamento e gestendo gli spazi in modo da rispettare la presente prescrizione.

- 7) Interventi in ore straordinarie e/o festive che sono necessari per l'esecuzione di lavori inderogabili o dipendenti da fattori contingenti, quali ad esempio: interruzioni di servizi per allacciamenti idrici, del gas ed elettrici, necessità di assicurare la continuità di altre opere, la necessità di non interrompere le attività lavorative svolte nei luoghi oggetto di intervento o correlate con l'intervento, ecc.)

Resta inteso, inoltre, che sono compresi e compensati con i prezzi dell'appalto tutte le lavorazioni necessarie per lo spostamento di eventuali sottoservizi rinvenuti durante le operazioni di scavo. Restano a totale carico della ditta, quindi, i lavori e le forniture per il riporto alla luce di detti sottoservizi, i rapporti eventuali con le società erogatrici di servizi quali acqua, energia elettrica, gas, ecc., il concordamento delle modalità di spostamento di detti sottoservizi e le lavorazioni per risolvere interferenze con le installazioni rientranti nell'appalto.

2.1.1 Specifica delle opere murarie

- 1) Per opere murarie interessanti le strutture portanti dell'edificio ed escluse dagli oneri dell'appalto si intendono ad esempio:
- scavi in terreno fondazionale;
 - getti di fondazioni o di basamenti in cemento armato;
 - esecuzione di solai portanti o rinforzo di quelli esistenti;
 - apertura di passaggi in solai e/o murature portanti che richiedano rinforzi, architravi od altre opere di consolidamento delle strutture stesse;
 - aperture in solai di copertura, tetti o terrazze che interessino i manti di protezione e di isolamento termo-acustico.
- 2) Per opere di assistenza muraria incluse negli oneri dell'appalto si intendono tutte indistintamente le altre opere che esulano da quelle di cui al precedente punto 1) quali ad esempio:
- immurazione di mensole, tiranti, staffe, ecc. e fori nelle murature e nei solai per l'attraversamento con tubazioni e/o cavi elettrici, protezioni di tubazioni a pavimento con adatta malta;
 - fissaggio di bulloni ad espansione o tasselli;
 - apertura e chiusura di tracce, di cunicoli a pavimento e riquadrature di asole o fori passanti a pavimento al finito delle parti manomesse (rasature, piastrellature e pitturazioni escluse);
 - lievo di controsoffitti o di pavimenti mobili per il passaggio di tubazioni, canalette, cavi, ecc. e loro ripristino;
 - lievo/riposizionamento, adattamento e foratura di controsoffitti, anche a doghe metalliche, con adeguata attrezzatura, per l'installazione apparecchiature varie;
 - immurazione di spezzoni di tubi negli attraversamenti o controtubi per l'infilaggio di tubazioni, cavi, funi, ecc.

2.2 Norme di misurazione e valutazione degli impianti elettrici

- a) Trasformatori e gruppi di continuità assoluta: la valutazione sarà effettuata per "unità" ricorrendo ai prezzi unitari risultanti dall'offerta; eventuali modifiche decise in corso d'opera saranno valutate con semplici detrazioni o aggiunte di apparecchiature, utilizzando i prezzi esposti nel capitolo relativo,

- b) quadri elettrici di BT: la valutazione sarà fatta a corpo, includendo nel prezzo sia le carpenterie e sia le apparecchiature di protezione e manovra e tutti i dispositivi, accessori ed apparecchi indicati negli schemi elettrici.

Nel prezzo unitario si intendono inclusi

- sbarre di rame;
- cablaggio dei circuiti ausiliari e di potenza fino alle morsettiere ingresso/uscita;
- morsettiere e apparecchiature ausiliarie;
- lampade di segnalazione, manipolatori, apparecchiature di comando, protezione e di manovra di circuiti ausiliari,
- targhette e schemi.

Nel prezzo unitario si intende inclusa la posa in opera nel quadro elettrico, con tutte le opere indispensabili a realizzare gli schemi esposti nelle tavole grafiche ed a fornire l'opera conforme alla normativa ed alla buona tecnica costruttiva, ivi incluse le richieste di ritocchi e miglioramenti avanzati dalla DL. Sono inclusi anche tutti i documenti atti a provare la rispondenza del quadro alla regola d'arte, compresa dichiarazione di conformità ed altra documentazione atta a comprovare le prove effettuate sul quadro ed il relativo esito.

- c) Cavi e conduttori elettrici

Per tutti i cavi che non rientrano nei prezzi cosiddetti "a corpo" (punto luce, punto di alimentazione, ecc.), il metodo di valutazione e di misurazione sarà il seguente.

Nel prezzo unitario "a metro" (per ciascun tipo e sezione di cavo) si intendono inclusi e mediamente compensati tutti i seguenti oneri:

- formazione di teste di cavo;
- capicorda e/o terminazioni;
- morsetti e/o fascette di ancoraggio;
- contrassegni di origine e destinazione applicati a mezzo collari in plastica con scritte indelebili;
- numerazione di tutti i conduttori, coerente con i disegni esecutivi,
- ancoraggi a canali, scale posa cavi, cavidotti di vario genere;
- collegamenti a sbarre o morsetti di ogni genere.

La contabilizzazione dei cavi sarà effettuata facendo riferimento allo sviluppo lineare di ogni singola linea dal punto di partenza al punto di arrivo, includendo eventuali scorte previste. Salvo diversa indicazione, il punto di arrivo coincide con l'apparecchio utilizzatore da alimentare o con il quadro elettrico di bordo macchina. Per i punti presa, per i punti luce, per i punti altoparlanti, per i punti telecamere, per i punti rivelatori, il cavo viene misurato dall'origine fino alla scatola di giunzione o di derivazione più prossima, mentre a valle di questa viene considerato il "punto" relativo al servizio o sistema considerato.

Non saranno conteggiati gli sfridi dovuti alla posa dei cavi perché ritenuti inclusi nel prezzo "a metro".

- d) Cavidotti

Per tutti quei componenti (tubi, guaine, ecc.) che non rientrano nei prezzi cosiddetti "a corpo" (punto luce, punto alimentazione, ecc.), il metodo di valutazione e di misurazione sarà il seguente.

Nel prezzo unitario "a metro" (per ciascun tipo e sezione di tubazione o canale) si intendono inclusi e mediamente compensati tutti i seguenti oneri:

- elementi di giunzione, trasposizione e curvatura.
- collari, viti, tasselli, bulloni per il fissaggio;
- supporti, mensole, tiges e qualunque altro apparecchio o sistema di fissaggio.
- morsetti per la messa a terra, possibilmente di tipo prestampato e adatti alla congiunzione tra i canali.
- pezzi speciali e prestampati
- ghiera, imbocchi, guarnizioni e raccordi per il collegamento con le scatole e le apparecchiature;
- saldature e forature dei canali, incluse eventuali guarnizioni antiabrasive per la protezione dei cavi,
- connessioni equipotenziali;
- marcatura con contrassegni in alluminio verniciato dei canali.

La contabilizzazione sarà effettuata facendo riferimento allo sviluppo lineare di ogni singolo tubo o canale dal punto di partenza al punto di arrivo.

Non saranno conteggiati gli sfridi dovuti alle lavorazioni o al tipo di posa, perché ritenuti inclusi nel prezzo "a metro".

e) Cassette e scatole

Per tutte quelle cassette e scatole che non rientrano nei prezzi cosiddetti "a corpo" (punto luce, punto alimentazione, ecc.), il metodo di valutazione e di misurazione sarà il seguente.

Nel prezzo unitario si intendono inclusi e mediamente compensati tutti i seguenti oneri:

- qualsiasi tipo di accessorio per il fissaggio del componente su qualsiasi tipo di parete o di supporto;
- foratura, ed eventuale filettatura dei fori, delle pareti delle cassette o scatole per imbocco con tubi e canali;
- setti separatori;
- eventuali piastre di fondo in lamiera zincata;
- fissaggio al fondo delle cassette o scatole delle morsettiere di derivazione;
- morsettiere a scelta della DL;
- marcatura delle morsettiere secondo codici stabiliti con la DL;
- fornitura e applicazione di contrassegni a mezzo targhette con scritte indelebili sulle cassette e sulle scatole stesse;
- eventuali schemi esplicativi delle morsettiere;
- imbocchi, raccordi, pressacavi.

f) Impianti di illuminazione e forza motrice

La valutazione sarà fatta "a punto", intendendo inclusi nel prezzo unitario medio tutti i componenti necessari per realizzare la parte d'opera, anche non espressamente precisati negli articoli relativi (conduttori, cavi, tubazioni, cassette e scatole, ecc.) con gli oneri elencati ai punti precedenti.

Salvo diversa specificazione, il punto ha origine dalla scatola di giunzione e derivazione più prossima o posizionata a ridosso della canalizzazione portatavi che serve la relativa zona d'impianto.

g) Impianti elettronici e speciali

La valutazione sarà fatta "a punto", intendendo inclusi nel prezzo unitario medio tutti i componenti necessari per realizzare la parte d'opera, anche non espressamente precisati negli articoli relativi (conduttori, cavi, tubazioni, cassette e scatole, ecc.) con gli oneri elencati ai punti precedenti.

Salvo diversa specificazione, il punto ha origine dalla scatola di giunzione e derivazione più prossima o posizionata a ridosso della canalizzazione portatavi che serve la relativa zona d'impianto.

h) Altri impianti e componenti

La valutazione sarà fatta secondo quanto indicato nei documenti contabili facenti parte del contratto d'appalto (elenchi prezzi, elenchi descrittivi, computi).

Resta fermo ed inderogabile l'obbligo per la Ditta di fornire alla SA le opere perfettamente funzionanti; pertanto ogni parte d'opera deve essere consegnata completa di ogni accessorio utile o necessario per raggiungere le finalità dell'appalto, inclusa la piena efficienza dei sistemi e degli impianti da realizzare.

2.3 Livello di qualità dei materiali - marche di riferimento

I materiali, la posa in opera e in generale tutti gli impianti elettrici dovranno uniformarsi alle prescrizioni derivanti dal presente CSA e dall'insieme degli elaborati progettuali, ferma restando l'osservanza delle norme di legge, del CEI e delle tabelle UNEL.

La Ditta dovrà fornire materiali corredati di marchio CEI (laddove sia previsto) o di Marchio Italiano di Qualità (in quanto esista per la categoria di materiale considerata). I marchi riconosciuti nell'ambito CEE saranno considerati equivalenti ai corrispondenti marchi CEI e IMQ.

Qualora nel corso dei lavori la normativa tecnica fosse oggetto di revisione, la Ditta è tenuta a darne immediato avviso alla DL e a concordare quindi le modifiche per l'adeguamento degli impianti alle nuove prescrizioni.

Si indicano nel seguito alcune marche delle apparecchiature principali che si ritengono rispondenti alle caratteristiche tecniche elencate, allo standard qualitativo richiesto ed alle esigenze del Committente, tale elenco serve comunque per fissare il livello minimo qualitativo degli impianti che dovranno essere realizzati.

La Ditta è libera di scegliere nell'ambito delle marche elencate, in quanto esse saranno comunque approvate dalla DL, salvo approvazione ulteriore degli specifici articoli appartenenti alla marca prescelta.

La Ditta è altresì libera di offrire marche diverse da quelle elencate, che saranno però soggette all'approvazione della DL, che potrà accettarle o rifiutarle qualora non le ritenga, a suo giudizio insindacabile, di caratteristiche adeguate.

Nel caso di marche diverse da quelle elencate, per le apparecchiature di illuminazione, la Ditta dovrà comunque fornire elaborati di calcolo illuminotecnici per ogni ambiente interessato tali da soddisfare i requisiti specificati nei dati di progetto ed indicati nell'elaborato "Verifiche illuminotecniche" allegate al presente progetto esecutivo.

Nel caso di marche diverse da quelle elencate, per le apparecchiature di protezione, quadri elettrici, tipo di cavi, formazione dei circuiti, modalità di posa delle linee elettriche, la Ditta dovrà comunque fornire elaborati di calcolo tali da soddisfare i requisiti specificati nei dati di progetto e verificati nell'elaborato "Verifiche reti elettriche" allegate al presente progetto esecutivo.

QUADRI DI BASSA TENSIONE

BTICINO

GROUPE SCHNEIDER

ABB

APPARECCHIATURE MODULARI

BTICINO

GROUPE SCHNEIDER

BTICINO

CAVI E CAVI SPECIALI

PIRELLI

CEAT

ARISTON

TUBAZIONI IN PVC

DIELECTRIX

INSET

CANALIZZAZIONI METALLICHE

FEMI-CZ

CARPANETO SATI

CANALIZZAZIONI IN PVC

BOCCHIOTTI

ARNOCANALI

APPARECCHI ILLUMINANTI

ALTIS STATUS

IDEALLUX

APPARECCHIATURE DI TIPO CIVILE

BTICINO

VIMAR

GEWISS

APPARECCHI PER SEGNALETICA E ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

LINERGY

OVA

IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI

UTC

NOTIFIER

ELMO

IMPIANTO ANTINTRUSIONE

UTC

NOTIFIER

ELMO

IMPIANTO BUILDING AUTOMATION

BTCINO

VIMAR

BARRIERE TAGLIAFIAMMA
PIRELLI
OBO CARPANETO SATI

DIFFUSIONE SONORA
RCF
ECLER

SISTEMA DI SUPERVISIONE
SIEMENS
ABB

RETE DATI
BTICINO
VIMAR

SERIE CIVILE/PLACCHE
BTICINO
VIMAR

2.4 Scelta ed approvazione dei materiali da parte della DL

ENTRO DIECI GIORNI dopo la consegna dei lavori la Ditta dovrà sottoporre ad approvazione della DL le marche ed i modelli delle apparecchiature, nonché dei componenti da impiegare. I risultati delle scelte verranno regolarmente verbalizzati e saranno vincolanti per la Ditta. Successivamente, prima della posa in opera, i materiali dovranno essere campionati ed accettati dalla DL, in cantiere.

L'approvazione dei materiali non esonera la Ditta dalle responsabilità inerenti a difetti e a cattivo funzionamento che dovessero riscontrarsi durante l'esecuzione dei lavori o all'atto del collaudo. Qualora la DL rifiuti dei materiali, ancorché messi in opera, perché essa a suo giudizio insindacabile li ritiene per qualità, lavorazione e funzionamento non adatti alla perfetta riuscita degli impianti e quindi non accettabili, la Ditta dovrà immediatamente, a sua cura e spese, allontanare dal cantiere i materiali stessi e sostituirli con altri che soddisfino alle condizioni prescritte.

2.5 Campionatura apparecchiature elettriche

Il Committente e la DL, si riservano di richiedere durante il corso dei lavori una campionatura dei materiali e delle apparecchiature elettriche da installare, prima della loro posa in opera. Inoltre per alcune apparecchiature specifiche dovranno essere realizzati dei prototipi, in base alle indicazioni che saranno fornite in sede di DL,

In particolare si stabilisce sin d'ora che dovranno essere realizzate le seguenti campionature:

- * apparecchi illuminanti normali e di sicurezza con i relativi accessori;
- * cavidotti, tubazioni, canali metallici, ecc., completi di staffe di fissaggio;
- * cavi e cavi speciali, nelle varie tipologie utilizzate;
- * prese e quadretti di utilizzazione;
- * componenti impianto rivelazione incendio;
- * componenti impianto diffusione sonora;
- * telecamere a circuito chiuso;
- * componenti impianto televisivo;

- * componenti impianto di telecontrollo;
- * componenti sistema di gestione alberghiera;

2.6 Disegni di cantiere e di montaggio

ENTRO DIECI GIORNI dopo la consegna dei lavori la Ditta dovrà presentare alla DL, per approvazione i disegni di cantierizzazione relativi all'installazione dei vari componenti e apparecchiature, completi di particolari di montaggio, con la posizione precisa delle varie apparecchiature, gli ingombri, ecc.

Questa attività di cantierizzazione viene svolta sulla base dei disposti dell' art.15 punto 4 - DPR. 207/2010 e la determinazione 31 gennaio 200, n. 4 dell'A.V.LL.PP. Essa costituisce attività integrativa al progetto esecutivo, finalizzata alla redazione degli elaborati grafici, di calcolo, piani di approvvigionamento e operativi per coniugare le esigenze progettuali con quelle di realizzazione delle opere, nel rispetto dell'autonomia imprenditoriale dell'esecutore, libero di approvvigionare specifici marchi, esclusivamente rispondenti alle caratteristiche prestazionali di progetto.

Parte dei disegni, se la Ditta lo riterrà opportuno, saranno quelli di progetto, eventualmente riveduti, corretti e integrati con le modifiche concordate con la DL, o che la Ditta ritenga di adottare per una migliore riuscita del lavoro.

E' a carico della Ditta la verifica della compatibilità degli impianti a proprio carico con quelli eseguiti o da eseguire a cura di altre Ditte (in particolare quelli termoidrosanitari, di riscaldamento e di condizionamento).

E' fatto assoluto divieto alla Ditta di intraprendere l'esecuzione di un'opera, se non approvata esplicitamente dalla DL dopo presentazione di elaborati grafici, da cui sia possibile dedurre la consistenza e le modalità esecutive.

In particolare i disegni dovranno comprendere almeno:

In particolare i disegni dovranno comprendere almeno:

- piante con la disposizione delle apparecchiature relative ai vari impianti (scala 1:100 e 1:50);
- percorsi dei cavidotti con sezione tipo e particolari di ancoraggio e sospensione delle canalizzazioni (scala 1:100 e 1:10);
- particolari tipo dell'esecuzione degli impianti (scala 1:20);
- tabelle e/o diagrammi coordinamento protezioni dei circuiti elettrici, contenenti i dati dei dispositivi di protezione, dei relativi dati di taratura e i valori selezionati, i valori delle correnti di cortocircuito, le curve di intervento e le funzioni di soccorso (back-up);
- tabelle di confronto da cui si evince la protezione delle condutture contro i cortocircuiti e i sovraccarichi;
- documenti di disposizione funzionale impianti speciali;
- schemi delle apparecchiature assiemate di protezione e di misura (quadri) contenenti indicazioni relative a:
 - tensione nominale d'isolamento e di utilizzazione;
 - frequenza nominale;
 - livello di tenuta al cortocircuito;
 - portata nominale delle sbarre;
 - tipi di interruttori e/o fusibili;
 - corrente nominale degli interruttori e/o fusibili;
 - potere di interruzione degli interruttori;
 - caratteristiche dei TA;
 - sigla dei componenti;
 - disposizione apparecchiature;
 - sigla e tipo delle utenze alimentate;
 - sigla dei cavi;

specifiche di cablaggio (vedi norma CEI 3-33);
dimensioni e prospetti delle carpenterie.

2.7 Verifiche e prove preliminari - collaudo apparecchiature e impianti

Durante l'esecuzione dei lavori la DL, effettuerà alcune prove e visite in officina e in cantiere (ed eventualmente presso Enti o Istituti riconosciuti) al fine di verificare che la fornitura dei materiali corrisponda alle prescrizioni contrattuali, alle marche approvate dopo la consegna dei lavori e alle modalità esecutive approvate con i disegni preliminari.

a - Prove di officina per i quadri elettrici principali e secondari.

Si prevedono più visite in officina, rientranti in due tipologie:

- la prima per verificare i certificati relativi alle prove di tipo (per tutte le apparecchiature per cui sono previsti) e per verificare l'impostazione della carpenteria, la tipologia delle apparecchiature e la rispondenza ai disegni approvati;
- la seconda per l'esecuzione del collaudo di officina con tutte le prove di accettazione previste dalla normativa tecnica, oltre a quelle specificate negli articoli seguenti, prove funzionali, ecc.

b- Prove presso Istituti o Enti riconosciuti (a discrezione della DL), anche su apparecchiature già munite di certificato o marchio CEI o IMQ. In particolare:

- canalizzazioni e cavi,
- interruttori di BT;
- apparecchiature frutto;
- morsettiere;
- apparecchi illuminanti con i relativi accessori;
- rivelatori di fumo;
- componenti impianto diffusione sonora;
- telecamere a circuito chiuso;
- componenti impianto di telecontrollo;
- altre apparecchiature a discrezione della DL.

c - Prove in cantiere sugli impianti eseguiti:

- verifica della continuità metallica di tutte le strutture direttamente interessate agli impianti elettrici,
- prove funzionali di sistemi di continuità assoluta;
- misure di resistenza di isolamento dei vari circuiti in partenza dai quadri di BT;
- verifica di selettività di intervento delle protezioni
- verifica di soglia intervento dei relè termici e dei relè differenziali;
- verifiche funzionali di tutti gli impianti speciali;
- verifiche interblocchi elettrici e meccanici;
- verifica dei collegamenti dei conduttori e della idoneità delle connessioni;
- verifica della fornitura degli schemi e della presenza dei cartelli monitori;
- rilievo dei reticoli di illuminamento in alcuni ambienti tipo;
- verifica della corretta marcatura delle morsettiere, cassette, terminali dei cavi, ecc.;
- verifica della corretta targhetatura delle apparecchiature interne ed esterne ai quadri elettrici, ecc.;
- verifiche e prove ulteriori a discrezione della DL.

Per quanto applicabili, e preferibilmente nell'ordine indicato, devono essere eseguite le prove e le misure indicate nel seguito. Nel caso che qualche prova indichi la presenza di un difetto, tale prova ed ogni altra prova precedente che possa essere stata influenzata dal difetto segnalato devono essere ripetute dopo l'eliminazione del difetto stesso. I metodi di prova descritti nel seguito

costituiscono metodi di riferimento; sono ammessi altri metodi di prova purchè essi forniscano risultati ugualmente validi.

a) Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti:

Dovrà essere verificato il tipo e il dimensionamento dei componenti dell'impianto e della apposizione dei contrassegni di identificazione.

Si deve verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; inoltre si deve verificare che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

b) Verifica della sfilabilità dei cavi:

Si deve estrarre uno o più cavi dal tratto di tubo condotto compreso tra due cassette o scatole successive e controllare che questa operazione non abbia provocato danneggiamenti agli stessi. La verifica va eseguita su tratti di tubo o condotto per una lunghezza pari complessivamente ad una percentuale tra l'1% ed il 5% della lunghezza totale.

A questa verifica si aggiungono anche quelle relative al rapporto tra il diametro interno del tubo o condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto, ed al dimensionamento dei tubi o condotti.

c) Misura della resistenza di isolamento:

Si devono eseguire le misure in corrente continua e l'apparecchio di misura deve essere in grado di fornire la tensione di prova sottoindicata con un carico di 1 mA. Quando l'impianto comprende dispositivi elettronici si deve eseguire solo la misura della resistenza di isolamento tra i conduttori attivi collegati assieme e la terra, per evitare che i dispositivi elettronici stessi possano subire danni.

La misura si deve effettuare fra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) ed il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro. Durante la misura gli apparecchi utilizzatori devono essere disinseriti; la misura è relativa ad ogni circuito intendendosi per tale la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.

I valori minimi ammessi sono:

* 250.000 ohm per sistemi a bassissima tensione di sicurezza o funzionale, con tensione di prova di 250 V;

* 500.000 ohm per sistemi a tensione nominale fino a 500 V compresi, con l'eccezione dei casi di cui sopra, con tensione di prova di 500 V;

1.000.000 ohm per tensioni oltre i 500 V, con tensione di prova di 1.000 V.

d) Misura delle cadute di tensione:

La misura delle cadute di tensione deve essere eseguita tra il punto di inizio dell'impianto ed il punto scelto per la prova; si inseriscono un voltmetro nel punto iniziale ed un altro voltmetro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).

Devono essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente; nel caso di apparecchiature con assorbimento di corrente istantaneo si fa riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione della sezione delle condutture.

Le letture dei due voltmetri si devono eseguire contemporaneamente e si deve procedere poi alla determinazione della caduta di tensione percentuale che non deve essere superiore al 4% per i circuiti in c.a. e 2% per i circuiti in c.c..

e) Verifica delle protezioni contro i corto circuiti ed i sovraccarichi:

Si deve controllare che:

- * il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i cortocircuiti, sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;
- * la taratura degli apparecchi di protezione contro i sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

f) Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti:

Devono essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle Norme CEI 64-8. Si ricorda che, per gli impianti soggetti alla disciplina del D.Lgs. 81/2008, va effettuata la denuncia degli stessi ad uno degli organismi abilitati, ai sensi del DPR 462/2001, fornendo gli elementi necessari per le verifiche periodiche ed i risultati delle misure della resistenza di terra.

Si devono effettuare le verifiche sottodescritte.

- * Esame a vista dei conduttori di terra e di protezione. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori stessi che delle giunzioni.

- * Si deve inoltre controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina.

- * Si deve eseguire la misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario ed una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico.

La sonda di tensione e il dispersore ausiliario devono essere posti ad una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro; si possono ritenere ubicati in modo corretto quando sono sistemati ad una distanza pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso. Quest'ultima nel caso di semplice dispersore a picchetto deve assumersi pari a 5 volte la sua lunghezza.

Una pari distanza va mantenuta tra la sonda di tensione ed il dispersore ausiliario.

Deve essere controllato, in base ai valori misurati, il coordinamento con l'intervento dei tempi previsti per i dispositivi di massima corrente o differenziali.

Per gli impianti con fornitura in media tensione, detto valore deve essere controllato in base a quello della corrente convenzionale di terra, da richiedersi al Distributore di energia elettrica.

Nei locali da bagno deve essere eseguita la verifica della continuità del collegamento equipotenziale tra le tubazioni metalliche di adduzione e di scarico delle acque, tra le tubazioni e gli apparecchi sanitari, tra il collegamento equipotenziale ed il conduttore di protezione. Detto controllo deve eseguirsi prima della muratura degli apparecchi sanitari.

g) Continuità dei conduttori di protezione:

Deve essere verificata la continuità dei conduttori di protezione, dei conduttori equipotenziali principali e supplementari impiegando una sorgente di tensione in corrente alternata o in corrente continua con una tensione compresa tra 4 e 24 V a vuoto utilizzando una corrente pari o superiore a 0,2 A.

Tutta la strumentazione idonea richiesta per le prove deve essere fornita a cura e carico della Ditta, salvo deroghe concesse dalla DL su richiesta della Ditta stessa.

Le verifiche e le prove di cui sopra saranno eseguite dalla DL in contraddittorio con la Ditta e di esse e dei risultati ottenuti si compilerà di volta in volta regolare verbale.

La DL, ove si trovi da eccepire in ordine ai risultati riscontrati perché non conformi alle prescrizioni contrattuali, emetterà il Verbale di Ultimazione dei Lavori solo dopo aver accertato, facendone esplicita dichiarazione nel verbale stesso, che da parte della Ditta sono state eseguite tutte le modifiche, aggiunte, riparazioni e sostituzioni necessarie.

Si intende che, nonostante l'esito favorevole delle prove preliminari e verifiche suddette, la Ditta rimane responsabile delle deficienze che abbiano a riscontrarsi anche dopo il collaudo e fino al termine del periodo di garanzia.

Il collaudo tecnico finale a cura della DL sarà effettuato ENTRO TRE MESI dalla data del Verbale di Ultimazione; esso consisterà principalmente nella verifica delle prescrizioni impartite in seguito alle prove di cui sopra e nella verifica della funzionalità nelle condizioni di esercizio di tutti gli impianti.

Il collaudo tecnico finale a cura della DL sarà effettuato ENTRO TRE MESI dalla data del Verbale di Ultimazione; esso consisterà principalmente nella verifica delle prescrizioni impartite in seguito alle prove di cui sopra e nella verifica della funzionalità nelle condizioni di esercizio di tutti gli impianti. Questo collaudo non è finalizzato all'istruttoria delle pratiche presso il GSE e/o altre analoghe relative all'accesso agli incentivi.

2.8 Disegni definitivi impianti - materiale illustrativo - manuale ed istruzioni

All'ultimazione dei lavori la Ditta dovrà provvedere a quanto segue:

1. Fornire alla SA un originale su CD/DVD (realizzato con programma "AUTOCAD") e tre serie di copie complete di:
 - a) disegni esecutivi finali degli impianti come eseguiti corredati di piante ed eventuali sezioni su cui saranno riportati i percorsi di tutte le canalizzazioni protettive distinte per i vari impianti complete dell'indicazione dei tipi, delle dimensioni delle linee o dei cavi contenuti . Tali elaborati finali dovranno contenere inoltre la posizione di tutte le apparecchiature installate con l'indicazione del tipo e della marche;
 - b) schemi unifilari di tutti i quadri elettrici con indicati i campi ed i valori effettivi delle tarature dei relè termici, magnetici e differenziali;
 - c) schemi funzionali e di collegamento dei vari apparecchi e degli eventuali impianti di segnalazione, comando, controllo, ecc.;
 - d) schemi a blocchi delle principali reti eseguite (distribuzione dell'energia elettrica e collegamento tra i vari quadri elettrici, impianto di illuminazione di emergenza, sistema di distribuzione bus, impianto di rivelazione incendi, ecc.),
 - e) nelle centrali tecnologiche dovranno essere forniti ed installati a parete, su appositi pannelli da concordare con la Direzione Lavori, gli schemi delle relative apparecchiature ed impianti; ogni quadro elettrico dovrà essere dotato di schema unifilare installato su apposita tasca;
 - f) tutti gli elaborati dovranno essere conformi alla simbologia C.E.I. in vigore ed a tutte le norme UNI relative al disegno tecnico.
2. Fornire alla SA, in triplice copia, una monografia sugli impianti eseguiti con tutti i dati tecnici, le tarature, le istruzioni per la messa in funzione dei vari impianti e apparecchiature e le norme di manutenzione con le relative procedure e gli intervalli di tempo delle singole operazioni da compiere. Alla fine della monografia, in apposita cartella, saranno contenuti i depliant illustrativi delle singole apparecchiature con le relative norme di installazione, messa in funzione, manutenzione, e, per ogni macchina, un elenco dei pezzi di ricambio consigliati dal Costruttore per un periodo di funzionamento di due anni. Con suo personale specializzato avrà cura di istruire il personale che sarà addetto alla conduzione e manutenzione degli impianti, accertandosi che le istruzioni siano ben comprese al fine di assicurare le condizioni di sicurezza per gli operatori e per il corretto funzionamento degli impianti.

La SA non prenderà in consegna gli impianti se prima la Ditta Appaltatrice non avrà ottemperato a quanto previsto.
3. Rilasciare la dichiarazione di conformità redatta secondo la legislazione e la normativa vigenti, completa del progetto e di una serie di disegni degli impianti eseguiti a regola d'arte, timbrati e

firmati dal responsabile tecnico (in possesso ci requisiti previsti dalla legge), oltre alla restante documentazione prevista dal DM 37/2008, in particolare quella relativa alla manutenzione delle opere.

4. Fornire tutti i documenti relativi all'omologazione dell'impianto di terra e dei sistemi di protezione da scariche atmosferiche e da sovratensione, completi in ogni loro parte e di relative lettere di trasmissione all'organismo abilitato alle verifiche, scelto dal Committente, ma dall'impresa contattato per stabilire le modalità di denuncia degli impianti in oggetto.
5. Fornire il piano di manutenzione dell'opera, per l'uso e la manutenzione di quanto realizzato: il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione. Qualora già emessi prima o durante la realizzazione delle opere, al termine dell'intervento questi documenti dovranno essere sottoposti dall'impresa al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari durante l'esecuzione dei lavori.

2.9 Caratteristiche e contenuti del piano di manutenzione

Il piano di manutenzione prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati "as built", l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione.

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;

- b) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- c) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

3. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEGLI IMPIANTI

Per le caratteristiche degli impianti, i dati tecnici, i metodi di protezione dai contatti indiretti ed ulteriori precisazioni sulle dotazioni previste, si rimanda integralmente alla relazione tecnica, parte integrante del progetto esecutivo.

4. CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI E NORME DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI

4.1 Quadri di bassa tensione

Struttura

Le dimensioni indicative, le caratteristiche costruttive essenziali e lo schema unifilare dei quadri sono indicate nelle tavole di progetto. I quadri elettrici saranno costituiti da scomparti modulari componibili, divisi in celle segregate, saldamente collegati tra loro in modo da formare delle unità trasportabili di lunghezza non superiore a 2.5 mt.; sarà adatto per installazione all'interno appoggiato a pavimento e posto in opera nelle posizioni indicate nelle tavole grafiche.

Ciascun scomparto avrà lunghezza non superiore a 0,8 mt. e sarà costituito da una robusta intelaiatura metallica in profilati di acciaio o in profili modulari di acciaio con spessore minimo di 2 mm o in lamiera di acciaio piegata ed irrigidita di spessore di almeno 2 mm. L'involucro sarà costituito da pannelli in lamiera di almeno 2 mm di spessore ribordati e saldati, i pannelli laterali saranno fissati all'intelaiatura con viti, quelli anteriori e quelli posteriori saranno apribili a cerniera su un lato verticale e dotati di sistemi di chiusura a chiave e maniglie isolanti o con viti.

La viteria sarà in acciaio inox con bulloni di tipo "autograffiante"; le viti di chiusura delle portine dovranno essere di tipo imperdibile con impronta a croce, le cerniere saranno di tipo prefabbricato con elevato grado di robustezza che consentano l'apertura delle portine con angoli > 90°; saranno previste guarnizioni di battuta su tutte le portine; le portine anteriori saranno corredate di serratura di sicurezza, preferibilmente unificata per tutti i quadri della fornitura; le portine incernierate dovranno avere almeno 2 punti di chiusura per h. 600 - 800 mm e almeno 3 punti di chiusura per h. > 800 mm.

Tutte le parti in acciaio del quadro, sia interne che esterne dovranno essere accuratamente verniciate a forno con smalti a base di resine epossidiche previo trattamento protettivo (sgrassatura, fosfatazione e due mani di antiruggine). Le parti non verniciate, ed in particolare la bulloneria, dovranno essere sottoposte a trattamenti di protezione superficiale (zincatura, zincocromatura o cadmiatura).

Salvo diverse indicazioni si dovrà adottare il colore grigio RAL 7032 o altro che dovrà essere concordato con la Direzione Lavori. Tutti i materiali isolanti impiegati nell'esecuzione del quadro saranno di tipo incombustibile o non propagante la fiamma.

Per quanto possibile tutte le apparecchiature installate nei quadri elettrici dovranno essere prodotte dalla stessa casa costruttrice.

Sbarre

Le sbarre saranno in rame elettrolitico ricotto (secondo quanto indicato dalle tabelle CEI-UNEL 01417-72), a spigoli arrotondati, contrassegnate in conformità alla normalizzazione CEI-UNEL, le sezioni del sistema principale dovranno garantire una portata non inferiore alla corrente nominale dell'interruttore, da cui sono derivate, con una sovratemperatura massima di esercizio non superiore a 20°C rispetto alla temperatura ambiente di 40°C.

I supporti di sostegno ed ancoraggio delle sbarre saranno di tipo a pettine in resine poliestere rinforzata con dimensioni ed interdistanze tali da sopportare le massime correnti di corto circuito previste e comunque non inferiori a quelle indicate nelle tavole progettuali.

Cablaggio

Il cablaggio dei quadri dovrà essere effettuato solamente a valle dei dispositivi di protezione, dal momento che a monte di essi saranno installati sistemi di distribuzione prefabbricati (morsettiere multiclip o similari, già costruite per i relativi sistemi sbarre).

Il cablaggio dovrà essere effettuato con cavi non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di fumi e gas tossici e corrosivi rispondenti alle norme CEI 20-22 e 20-38 tipo N07G9-K o equivalenti; la densità di corrente nei conduttori non dovrà eccedere il valore risultante dalle prescrizioni delle norme CEI 20-21 moltiplicato per un coefficiente di riduzione (di sicurezza) pari a 0.8; tale valore, che sarà riferito alla corrente nominale I_n dell'organo di protezione e non alla corrente di impiego I_b della conduttura in partenza, non dovrà essere comunque superiore a 4 A/mm².

Morsettiere

Le morsettiere saranno in melamina, di tipo componibile e sezionabile, con serraggio dei conduttori di tipo indiretto, opportunamente identificate per gruppi di circuiti appartenenti alle diverse sezioni costituenti il quadro secondo le modalità previste nel presente paragrafo, inoltre la suddivisione tra gruppi di morsettiere adiacenti, appartenenti a diversi circuiti, dovrà avvenire mediante separatori.

Ad ogni dispositivo di serraggio di ciascun morsetto non dovrà essere cablato più di un conduttore; l'eventuale equipotenzializzazione fra morsetti adiacenti dovrà avvenire tra i morsetti mediante opportune barrette "di parallelo".

Le morsettiere di attestazione delle linee in arrivo dovranno essere complete di targhette con opportuna simbologia antinfortunistica o scritte indicanti parti in tensione e di ripari antinfortunistici.

Non saranno ammesse morsettiere di tipo sovrapposto.

Collegamenti equipotenziali

Tutti i conduttori di terra o di protezione in arrivo e/o in partenza dal quadro dovranno essere attestati singolarmente su di una sbarra di terra in rame, completa di bulloni e/o viti su fori filettati.

Tutte le parti metalliche ove siano installate apparecchiature elettriche dovranno essere collegate a terra mediante collegamento equipotenziale.

I collegamenti di terra di tutte le masse metalliche mobili o asportabili dovranno essere eseguiti con cavo flessibile di colore giallo-verde o con treccia di rame stagnato di sezione 16 mmq.

Tutti i collegamenti dovranno essere effettuati mediante capocorda a compressione di tipo ad occhiello.

Riserva

Il quadro dovrà garantire, sia per quanto riguarda la portata delle sbarre, sia per quanto riguarda lo spazio disponibile all'interno delle canalizzazioni, sia per quanto riguarda la disponibilità di spazio per l'installazione di nuove apparecchiature, una riserva non inferiore al 20 - 25 % per il quadro generale di bassa tensione e non inferiore al 35 - 40 % per tutti gli altri quadri elettrici in progetto. Si escludono dal computo della riserva le sezioni o i pannelli dedicati alle morsettiere ed alle apparecchiature interne.

Marche

Ogni apparecchiatura elettrica e ogni estremità dei cavi di cablaggio dovrà essere contrassegnata in modo leggibile e permanente con le sigle indicate negli schemi elettrici, in modo da consentirne l'individuazione.

Le marche saranno conformi alle norme CEI 16-7 art.3 e saranno del seguente tipo:

- * targhette adesive o ad innesto da applicare a freddo per tutte le apparecchiature elettriche (morsetti, interruttori, strumentazione, ausiliari di comando e segnalazione, ecc.) posizionate sulle apparecchiature stesse o nelle vicinanze sulla struttura del quadro;
- * anelli o tubetti porta-etichette, ovvero tubetti presiglati termorestringenti per le estremità dei cavi di cablaggio;
- * cinturini con scritta indelebile per tutti i cavi in arrivo e partenza nel quadro con riportate le sigle di identificazione della linea, il tipo di cavo, la conformazione e la lunghezza secondo quanto riportato negli schemi elettrici.

Non saranno ammesse identificazioni dei cavi mediante scritte effettuate a mano sulle guaine dei cavi stessi, ovvero mediante targhette in carta legate o incollate ai cavi.

Accessori

Tutti i quadri dovranno avere i seguenti accessori:

- * lampade di segnalazione di tipo led, ovvero complessi di segnalazione a led preassemblati, completi delle varie segnalazioni di stato, allarme, ecc. relative alle varie apparecchiature; la superficie di emissione dovrà essere > 100 mm² con un angolo di emissione di almeno 140°;
- * capicorda di tipo autoprotetto adeguati al cavo e all'apparecchiatura da cablare con esclusione di qualsiasi adattamento di sezione e/o di dimensione del cavo o del capocorda stesso;
- * schema elettrico unifilare, schema funzionale e schema topografico con l'indicazione delle zone d'impianto custoditi in apposita tasca portaschemi in plastica rigida all'interno del quadro o entro apposito armadietto nel caso di quadri di cabina;
- * targa di identificazione del quadro;
- * targa del costruttore,
- * targhette di identificazione delle varie apparecchiature sul fronte del quadro in alluminio, ovvero in materiale plastico autoestinguente, con scritte pantografate inserite su apposite guide porta etichette in plastica o magnetiche (tipo VDR h=17 mm) fissate con viti zincate sulla carpenteria del quadro, eventuali spazi vuoti dovranno essere completati con targhette senza scritte in modo da evitare la possibilità di scorrere lungo le guide.

Quadri generali di bassa tensione (forma 4)

La fornitura comprenderà quadri protetti di B. T. adibiti alla distribuzione di potenza in esecuzione standardizzata.

I quadri risponderanno alle caratteristiche tecniche costruttive di seguito descritte:

Struttura ed involucro

Ogni scomparto sarà costituito da una struttura di base realizzata con lamiere di spessore non inferiore a 20/10 e composto da 4 zone completamente segregate tra di loro.

Zona sistema di sbarre principali e secondarie

Il sistema di sbarre principali sarà alloggiato nella parte superiore, inferiore o ad altezze intermedie dello scomparto.

Le estremità delle sbarre di ogni scomparto saranno forate per permetterla la giunzione con il sistema di sbarre di scomparti adiacenti.

Una barra colletttrice di terra in rame permetterà di realizzare la continuità di terra tra i diversi scomparti in modo identico al sistema di sbarre principale.

Il sistema di sbarre secondario sarà alloggiato sul fianco destro dello scomparto.

Esso permetterà la connessione tra le sbarre principali e le diverse apparecchiature dello scomparto.

Zona apparecchiature

Sarà situata nella parte anteriore dello scomparto, sull'intera altezza. Conterrà le piastre e le parti fisse che supportano gli interruttori.

Zona uscita connessioni di potenza

Sarà situata sul retro dello scomparto.

Zona ausiliari

Sarà situata nella parte anteriore dello scomparto, sull'intera altezza, a destra dello scomparto apparecchiature in un apposito vano laterale di larghezza pari a 250 mm.

Conterrà tutte le apparecchiature ausiliarie quali: lampade, pulsanti, relè, strumenti, schede elettroniche, ecc...

Norme e documentazione di riferimento

I quadri saranno conformi alle principali norme nazionali ed internazionali in vigore :

- CEI EN 60439-1
- D.Lgs. 81/2008
- BS 5486 - 1
- NF C63-421
- VDE 0660 - 500

Grado di protezione

L'involucro esterno dovrà assicurare il grado di protezione indicato nella scheda delle caratteristiche tecniche e un grado di protezione a porta aperta non inferiore a IP20 (secondo CEI EN 60529).

Messa a terra

Il quadro conterrà montata una barra di terra in rame da collegare al circuito di terra esterno.

La sezione della sbarra di terra sarà di 400 mm².

Ogni struttura sarà direttamente collegata alla sbarra di terra.

Le porte saranno collegate alla struttura tramite una connessione flessibile in rame.

Nella cella di collegamento dei cavi di potenza, sarà montata una sbarra per l'allacciamento degli eventuali conduttori di protezione incorporati nei cavi.

Forme di segregazione

Secondo la norma CEI EN 60439-1 le unità funzionali saranno separate dal sistema di sbarre e il grado di protezione a porta aperta non sarà inferiore a IP20. La forma di segregazione richiesta è Forma 4.

Trattamento delle superfici

La struttura e i diaframmi di segregazione potranno essere realizzati in lamiera zincata o verniciata o in materiale isolante.

L'involucro esterno e le porte saranno realizzati in lamiera elettrozincata verniciata con polveri termo-indurenti a base di resina epossidica poliestere per realizzare un'ottima protezione per l'uso in ambiente industriale normale.

Connessioni di potenza

I cavi di potenza saranno connessi direttamente ai codoli degli interruttori ed alloggiano sul retro del quadro in una zona opportunamente predisposta.

Uscite dei cavi di potenza e ausiliari

Le uscite dei cavi saranno previste dal basso o dall'alto in funzione delle esigenze impiantistiche e del giro sbarre dello scomparto.

Opportune staffe sulle fiancate permetteranno il sostegno ed il fissaggio dei cavi stessi.

Targhe indicatrici

Saranno utilizzate delle targhette in plexiglass con il numero e il nome della relativa partenza. Saranno fissate sul fronte quadro o in prossimità della apparecchiatura stessa.

Nella zona di uscita dei cavi di potenza, le targhette saranno fissate in corrispondenza degli interruttori relativi.

Dovrà essere prevista in accordo alla norma CEI 17.13/1, una targa identificatrice del quadro visibile anche a quadro installato, dove saranno presenti almeno i seguenti dati :

Nome del Costruttore
Sigla identificativa del quadro (es, QGBT)
Caratteristiche elettriche principali del quadro

Caratteristiche elettriche

Norme: CEI EN 60439-1, D.Lgs. 81/2008
Tensione di isolamento: 1000 V
Tensione di esercizio: 400 V
Corrente nominale sbarre principali: 3200 A
Corrente di c.to-c.to simmetrica: 75 kA
Corrente di c.to-c.to di cresta: 175 kA
Tensione di prova a 50 Hz per 1 min.: 2,5 kV
Frequenza: Hz 50
Tensione aux. comandi segnalazioni: in accordo ai dati di progetto
Altitudine: < 2000 m
Temperatura ambiente: min -5°C, max 40°C (media 24h 35°C)
Umidità relativa: max 50% a 40°C
Grado di inquinamento: 3
Sistema di neutro: TN-S

Sbarre

Sistema: Trifase + N
Isolamento: ARIA
Materiale: RAME

Caratteristiche meccaniche

Spessore lamiera: 20/10 mm
Verniciatura esterna: RAL 9002
Forma di segregazione: Forma 4
Grado di protezione esterno: IP40 con porta trasparente
Grado di protezione a porta aperta: IP20
Quadro con accessibilità: dal retro
Linee entranti: Condotta dal basso e dall'alto
Linee uscenti: Cavo dal basso e dall'alto
Dimensioni: lunghezza indicata sugli elaborati progettuali
altezza: 2275 mm
profondità: 1056 mm IP40 (con porta)

4.2 Apparecchiature di bassa tensione

4.2.1 Interruttori scatolati da 100 a 630 A

Generalità

Gli interruttori scatolati saranno conformi alle normative internazionali IEC 947.1 e 2 o alle norme corrispondenti in vigore nei paesi membri (CEI; VDE; BS; NF; ...); saranno di categoria A con potere d'interruzione di servizio $I_{cs}=100\%I_{cu}$. Gli interruttori scatolati avranno una tensione nominale di impiego (U_e) di 690V CA (50/60Hz) ed una tensione nominale di isolamento (U_i) di 750 V CA (50/60 Hz), saranno adatti alla funzione di sezionamento secondo la Norma IEC 947.2 par. 7.27.

Saranno disponibili in versione tripolare e tetrapolare in esecuzione fissa, estraibile o sezionabile su telaio con attacchi anteriori o posteriori; nel caso di esecuzione estraibile o sezionabile su telaio, saranno dotati di un dispositivo di presgancio che impedisce l'inserimento o l'estrazione ad apparecchio chiuso; potranno essere montati in posizione verticale, orizzontale o coricata senza riduzione delle prestazioni. Essi potranno essere alimentati sia da monte che da valle. Gli interruttori scatolati dovranno garantire un isolamento in classe II (secondo IEC 664) tra la parte frontale ed i circuiti interni di potenza.

Costruzione e funzionamento

Allo scopo di garantire la massima sicurezza, i contatti di potenza saranno isolati, dalle altre funzioni come il meccanismo di comando, la scatola isolante, lo sganciatore e gli ausiliari elettrici, mediante un involucro in materiale termoindurente. Il meccanismo di comando degli interruttori scatolati sarà del tipo a chiusura e apertura rapida con sgancio libero della leva di manovra. Tutti i poli dovranno muoversi simultaneamente in caso di chiusura, apertura e sgancio. Saranno azionati da una leva di manovra indicante chiaramente le tre posizioni ON (I), OFF (O) e TRIPPED (sganciato).

Per assicurare il sezionamento visualizzato, secondo la norma IEC 947-2 par. 7-27, il meccanismo sarà concepito in modo che la leva di manovra sarà in posizione 'O' solo se i contatti di potenza sono effettivamente separati; inoltre in posizione 'O' la leva indicherà la posizione di sezionato dell'interruttore; il sezionamento sarà ulteriormente garantito da una doppia interruzione dei contatti potenza.

Gli interruttori scatolati saranno equipaggiati di un pulsante di test "push to trip" sul fronte, per la verifica del corretto funzionamento del meccanismo di comando e dell'apertura dei poli, gli interruttori scatolati potranno ricevere un dispositivo di blocco in posizione di sezionato con possibilità di montare un numero massimo di tre lucchetti.

Il calibro dello sganciatore, il "push to trip", l'identificazione della partenza la posizione dei contatti principali data dall'organo di comando dovranno essere chiaramente visibili e accessibili dal fronte tramite la piastra frontale o la portella del quadro.

Gli interruttori scatolati differenziali potranno essere realizzati con l'aggiunta di un Dispositivo Differenziale a corrente Residua (DDR) direttamente sulla scatola di base senza il complemento di sganciatori ausiliari. Questi interruttori differenziali saranno: conformi alla norma IEC 947-2, appendice B, immuni agli sganci intempestivi secondo le raccomandazioni IEC 255 e IEC 801-2/3/4/5, adatti al funzionamento fino a -25° C secondo VDE0664.

Gli interruttori scatolati differenziali saranno di classe A secondo IEC755, l'alimentazione sarà trifase, a tensione propria con un campo di tensioni da 200 a 525 V ca. Dovranno essere in grado di poter sganciare l'interruttore anche in caso di abbassamento della tensione di alimentazione fino a 80 V ca.

Gli interruttori scatolati potranno essere equipaggiati di blocchi di misura differenziali che permettono la segnalazione di un eventuale abbassamento dell'isolamento, senza intervenire sul meccanismo di sgancio dell'interruttore.

Funzione di protezione

Gli interruttori scatolati saranno equipaggiati di sganciatori intercambiabili. Da 100 a 250A sarà possibile scegliere tra una protezione magnetotermica od elettronica. Per le taglie superiori a 250A lo sganciatore sarà esclusivamente di tipo elettronico. Lo sganciatore sarà integrato nel volume dell'apparecchio.

Gli sganciatori elettronici saranno conformi all'allegato F della Norma IEC 947-2 (rilevamento del valore efficace della corrente di guasto, compatibilità elettromagnetica), tutti i componenti elettronici potranno resistere, senza danneggiarsi, fino alla temperatura di 125° C, gli sganciatori magnetotermici ed elettronici saranno regolabili, la regolazione delle protezioni sarà fatta simultaneamente su tutti i poli; l'accesso alla regolazione sarà piombabile.

Sganciatore magnetotermico (fino a 250A)

Caratteristiche:

- termico regolabile da 80 a 100% della corrente nominale dello sganciatore;
- magnetico regolabile da 5 a 10 volte la corrente nominale (per $I_n > 200A$);

La protezione del neutro potrà essere effettuata sia con un valore uguale, sia con un valore pari alla metà della protezione di fase (per $I_n > 80A$).

Sganciatori elettronici

Caratteristiche:

- protezione lungo ritardo (LR): I_r regolabile con 48 gradini dal 40 al 100% della corrente nominale dello sganciatore elettronico;
- protezione corto ritardo (CR): I_m regolabile da 2 a 10 volte la corrente di regolazione termica (I_r), temporizzazione fissa a 40 ms;
- protezione istantanea (IST): soglia fissa a 11 I_n .

Gli apparecchi tetrapolari consentiranno la scelta del tipo protezione del neutro mediante un commutatore a 3 posizioni: neutro non protetto - neutro meta' - neutro uguale alla fase. Le seguenti funzioni di controllo saranno integrate in standard sullo sganciatore elettronico:

- led di segnalazione del carico a 2 soglie: 90% di I_r con led acceso fisso e 105% di I_r con led lampeggiante;
- presa di test per consentire la verifica funzionale dell'elettronica e del meccanismo di sgancio per mezzo di un dispositivo esterno.

Sganciatore elettronico universale (400 e 630A)

Caratteristiche

- protezione lungo ritardo (LR): I_r regolabile con 32 gradini da 40 al 100% della corrente nominale dello sganciatore elettronico, temporizzazione regolabile a 5 gradini: 15 - 30 - 60 - 120 - 240 s; la corrente di sicuro funzionamento entro 2h sarà di $1.2I_r$ e la corrente di non funzionamento entro lo stesso tempo di $1.05I_r$;
- protezione corto ritardo (CR): I_m regolabile da 1,5 a 10 volte la corrente di regolazione termica (I_r), temporizzazione regolabile a 4 gradini con funzione I_{2t} ON o OFF;
- protezione istantanea (IST): regolabile da 1,5 a 11 I_n .

Gli apparecchi tetrapolari consentiranno la scelta del tipo di protezione del neutro mediante un commutatore a 3 posizioni: neutro non protetto - neutro meta' - neutro uguale alla fase, che potrà essere messo sotto copertura piombabile. Lo sganciatore elettronico ottimizzerà la protezione dei cavi e dell'impianto, memorizzando la variazione di temperatura subita dalle condutture in caso di sovraccarichi ripetuti.

Le seguenti funzioni di controllo saranno integrate in standard sullo sganciatore elettronico:

- led di segnalazione del carico a 4 soglie: 60 - 75 - 90% di I_r con led acceso e 105% con led lampeggiante;
- presa di test: consente la verifica funzionale dell'elettronica e del meccanismo di sgancio per mezzo di un dispositivo esterno.

Tutte le opzioni potranno essere montate sullo sganciatore elettronico senza aumento del volume dell'interruttore:

- protezione di terra;
- sorveglianza e controllo del carico a 2 soglie con basculamento dei contatti al superamento delle soglie;
- indicazioni sul fronte a mezzo LED, delle cause di sgancio (lungo ritardo, corto ritardo, istantanea, guasto a terra);
- trasmissione di dati a mezzo BUS: in particolare tutte le regolazioni dello sganciatore elettronico, le misure delle correnti di fase, le cause di sgancio, lo stato dell'interruttore aperto, chiuso, sganciato.

Durata

Gli interruttori scatolati avranno una durata elettrica almeno uguale a 3 volte il minimo richiesto dalle Norme IEC 947-2

Ausiliari ed accessori

Gli interruttori scatolati potranno essere equipaggiati di telecomando; un commutatore "locale/distanza" sul fronte del telecomando, predisporrà l'interruttore per la manovra manuale o a distanza, con rinvio a distanza dell'indicazione della posizione. Il tempo di chiusura sarà inferiore a 80 ms. In caso di sgancio su guasto elettrico (sovraccarico, cortocircuito, isolamento), sarà inibito il comando a distanza; sarà consentito nel caso di apertura con sganciatore voltmetrico. Il meccanismo di riarmo sarà ad accumulo di energia.

L'aggiunta di un telecomando o di una manovra rotativa conserverà integralmente le caratteristiche della manovra diretta: il telecomando permetterà solo 3 posizioni stabili: ON (i), OFF (O) e TRIPPED (sganciato); l'aggiunta del telecomando o della manovra rotativa non dovrà ne mascherare, ne impedire la visualizzazione e l'accesso alle regolazioni.

Gli interruttori scatolati saranno concepiti per permettere il montaggio, in assoluta sicurezza, di ausiliari ed accessori come sganciatori voltmetrici e contatti ausiliari, anche con apparecchio già installato:

- saranno isolati dai circuiti di potenza;
- tutti gli ausiliari ed accessori elettrici saranno dotati di morsetti e saranno montabili a pressione;
- tutti gli ausiliari ed accessori elettrici saranno comuni a tutta la gamma;
- l'identificazione e l'ubicazione degli ausiliari elettrici sarà indicata in modo indelebile con una incisione sulla scatola di base dell'interruttore e sugli ausiliari stessi;
- l'aggiunta di detti ausiliari non aumenterà il volume dell'interruttore.

1. *Relé differenziali a toroide separato da 0,03 a 250 A*

Generalità

I relé differenziali saranno conformi alle norme IEC 755 o alle norme corrispondenti in vigore nei paesi membri (UTE C 60 130, VDE 664), saranno di tipo elettronico con l'esclusione di tutte le soluzioni elettromeccaniche. I relé dovranno esseri protetti contro i rischi di sganci intempestivi (causati per esempio, da sovratensioni di manovra o atmosferiche) e poter funzionare in presenza di una corrente di guasto con componenti continue pulsanti (saranno in classe A) secondo la classificazione della Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC).

Funzionamento

I relé avranno un'ampia scelta di alimentazioni ausiliarie: da 48 a 525 VCA e da 48 a 300 VCC, potranno funzionare con qualsiasi regolazione di soglia o temporizzazione in associazione con l'intera gamma dei toroidi previsti, senza alcuna limitazione. Le regolazioni delle soglie e delle temporizzazioni saranno realizzate tramite selettori a scatti (con esclusione di regolazioni continue) e potranno rendere selettivi tra loro i relé. La soglia di intervento da 0,03 a 250 A sarà regolabile tramite selettori con 32 gradini intermedi, la temporizzazione, da istantanea a 1 s, sarà regolabile tramite un selettore a 8 posizioni.

I relé disporranno di una soglia di preallarme fissata ad un valore uguale alla metà del valore di regolazione della soglia d'intervento.

Costruzione

I relé avranno un ingombro molto ridotto (massimo 8 passi da 9 mm), saranno montati su guida DIN orizzontalmente o verticalmente. La gamma di tori associati sarà di tipo chiuso da 30 a 300 mm di diametro e isolati con involucro termoplastico. Sarà prevista anche una gamma di tori aperti da 46 a 110 mm. I toroidi chiusi di piccolo diametro (fino a 50 mm) potranno essere montati direttamente sul relé. I toroidi chiusi (fino a 80 mm di diametro) potranno essere fissati su guida DIN.

Sicurezza

I relé saranno forniti di un contatto in commutazione senza ritenuta per la soglia di preallarme e di un contatto in commutazione con o senza ritenuta (secondo i modelli) per la soglia di intervento. Saranno forniti di led di segnalazione sul fronte: verde = presenza tensione; arancione = preallarme; rosso = guasto.

Il circuito di collegamento tra toroide e relé sarà controllato in permanenza, automaticamente, con sgancio dell'interruttore associato in caso d'interruzione del collegamento stesso.

I relé dovranno essere dotati di un coperchio trasparente piombabile ed il materiale costruttivo di base usato per l'involucro dei relé e dei trasformatori dovrà essere policarbonato, in maniera tale da assicurare una elevata rigidità dielettrica ed un adeguato isolamento.

In mancanza di alimentazione ausiliaria il relé dovrà segnalare tramite un contatto a sicurezza positiva la situazione anomala.

4.2.2 Interruttori di manovra-sezionatori da 40 a 160 A

Generalità

Gli interruttori di manovra-sezionatori saranno di tipo scatolato e saranno conformi alle norme IEC 947-1 e IEC 947-3, o alle norme corrispondenti in vigore nei paesi membri (UTE, BS, VDE, CEI ...) saranno conformi alle prescrizioni delle norme IEC 68-230 esecuzione T2 (clima caldo e umido) e IEC 68-2-11 (nebbia salina).

Avranno una tensione nominale di tenuta ad impulso di 8 kV, una tensione nominale di isolamento di 690 V CA (50/60 Hz) per i calibri fino a 80 A e di 750 V CA (50/60 Hz) per i calibri superiori, una corrente di breve durata ammissibile (I_{cw}) per 1s di 3 kA per i calibri fino a 80 A e di 5.5 kA per i calibri superiori.

Gli interruttori di manovra-sezionatori presenteranno il sezionamento visualizzato (secondo la IEC 947-3); saranno esclusi tutti gli altri tipi di sezionamento. Questa funzione sarà certificata da prove del costruttore. La gamma degli interruttori di manovra-sezionatori presenterà due taglie dimensionali. Gli interruttori saranno disponibili in versione tripolare o tetrapolare nello stesso volume.

Costruzione e funzionamento

Il meccanismo di comando degli interruttori sarà del tipo ad apertura e chiusura rapida (manovra indipendente dall'operatore) in conformità al par. 2-12 della norma IEC 947-3. La chiusura sarà simultanea per le fasi ed il neutro, in conformità alla IEC 947-3.

Per assicurare il sezionamento visualizzato secondo la norma IEC 947-3:

- il meccanismo sarà concepito in modo che la leva di manovra sarà in posizione 'O' solo se i contatti di potenza sono effettivamente separati;
- in posizione 'O' la leva indicherà la posizione di sezionato dell'interruttore;
- gli interruttori saranno concepiti per essere bloccati in posizione OFF tramite lucchetti (possibile anche il blocco in posizione ON).
- le distanze tra i contatti aperti saranno superiori a 8 mm.

Tutti gli interruttori avranno un doppio isolamento per costruzione e saranno concepiti per permettere l'adattamento di due contatti ausiliari senza aumento di volume dell'apparecchio. Gli ausiliari saranno comuni a tutta la gamma e realizzeranno indifferentemente tre funzioni: contatto O/F, contatto anticipato alla chiusura, contatto anticipato all'apertura.

Il comando rotativo sarà di tipo frontale o laterale (con possibilità di avere un comando rinviato per ottenere un grado di protezione IP 55).

I valori di durata elettrica saranno forniti in categoria A, cioè per manovre frequenti; il valore di durata per categoria di utilizzazione AC23 sarà fornito senza declassamento in corrente per una tensione di 440 V per i calibri fino a 80 A, e di 500 V per i calibri superiori.

Installazione

Gli interruttori saranno montati su guida DIN o su pannello, avranno la parte frontale di dimensioni standard, pari a 45 mm, per il montaggio in tutti i sistemi modulari. I copri-morsetti o i copri-vite saranno disponibili per tutta la gamma di interruttori, con possibilità di equipaggiamento con separatori di fase.

La protezione a monte contro i sovraccarichi e i cortocircuiti sarà assicurata da un interruttore automatico (nella maggior parte delle applicazioni). Il costruttore fornirà una tabella di scelta degli interruttori automatici di protezione a monte.

4.2.3 Interruttori di manovra-sezionatori da 250 a 2500 A

Generalità

Gli interruttori di manovra-sezionatori saranno di tipo scatolato e saranno conformi alle norme IEC 947-1 e IEC 947-3, o alle norme corrispondenti in vigore nei paesi membri (UTE, BS, VDE, CEI ...) e saranno conformi alle prescrizioni delle norme IEC 68-2-30 esecuzione T2 (clima caldo e umido) e IEC 68-2-11 (nebbia salina).

Avranno una tensione nominale di tenuta ad impulso di 8 kV, una tensione nominale di isolamento di 690 V CA (50/60 Hz), una corrente di breve durata ammissibile (I_{cw}) per 1s, fino a 35 kA eff. per gli interruttori da 1600 A.

Gli interruttori di manovra-sezionatori presenteranno il sezionamento visualizzato (secondo la IEC 947-3); saranno esclusi tutti gli altri tipi di sezionamento. Questa funzione sarà certificata da prove del costruttore. Gli interruttori saranno disponibili in versione tripolare o tetrapolare nello stesso volume.

Costruzione e funzionamento

Il meccanismo di comando degli interruttori sarà del tipo ad apertura e chiusura rapida (manovra indipendente dall'operatore) in conformità al (2-12 della norma IEC 947-3. La chiusura sarà simultanea per le fasi ed il neutro, in conformità alla IEC 947-3.

Per assicurare il sezionamento visualizzato secondo la norma IEC 947-3:

- il meccanismo sarà concepito in modo che la leva di manovra sarà in posizione 'O' solo se i contatti di potenza sono effettivamente separati;
- in posizione 'O' la leva indicherà la posizione di sezionato dell'interruttore;
- gli interruttori saranno concepiti per essere bloccati in posizione OFF tramite lucchetti (possibile anche il blocco in posizione ON).
- le distanze tra i contatti aperti saranno superiori a 8 mm.

Tutti gli interruttori avranno un doppio isolamento per costruzione e saranno concepiti per permettere l'adattamento di due contatti ausiliari senza aumento di volume dell'apparecchio. Gli ausiliari saranno comuni a tutta la gamma e realizzeranno indifferentemente tre funzioni: contatto O/F, contatto anticipato alla chiusura, contatto anticipato all'apertura, a partire dalla taglia di 400 A, sarà disponibile un doppio contatto in commutazione.

Il comando rotativo sarà di tipo frontale (con possibilità di avere un comando rinviato per ottenere un grado di protezione IP 55).

I valori di durata elettrica saranno forniti in categoria A, cioè per manovre frequenti; fino alla corrente nominale di 400 A, per categoria di utilizzazione AC23, senza declassamento in corrente per una tensione inferiore o uguale a 500 V e da 630 A in su, per categoria di utilizzazione AC22, senza declassamento per una tensione d'impiego inferiore o uguale a 415 V.

Installazione

Gli interruttori saranno montati su pannello. I copri-morsetti o i copri-vite saranno disponibili per tutta la gamma di interruttori, con possibilità di equipaggiamento con separatori di fase.

La protezione a monte contro i sovraccarichi e i cortocircuiti sarà assicurata da un interruttore automatico (nella maggior parte delle applicazioni). Il costruttore fornirà una tabella di scelta degli interruttori automatici di protezione a monte.

4.2.4 Interruttori automatici magnetot. diff. modulari da 0,5 a 63 A (uso domestico e similare)

Generalità

Riferimenti normativi: CEI EN 60898, CEI EN 61009.

Tensione nominale: 230/400 Vca 50-60 Hz.

Correnti nominali fino a 63 A.

Poteri di interruzione fino a 10 kA secondo norma CEI EN 60898 o CEI EN 61009.

Caratteristiche di intervento: B e C.

Taratura fissa.

Numero poli da 1 a 4.

Marchio di qualità IMQ per interruttori magnetotermici con I_n fino a 25 A e per interruttori magnetotermici differenziali con I_n fino a 25 A e I ($n=30, 300, 500$ mA).

Possibilità di avere l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale istantanea con i seguenti valori di I_n : 0,01 A (fino a $I_n=25$ A) - 0,03 - 0,3 - 0,5 - 1 A e selettiva con valori di I_n pari a 0,3 e 1 A.

Protezione contro gli scatti intempestivi per gli interruttori automatici differenziali (onda di corrente di prova 8/20 microsecondi).

Sensibilità alla forma d'onda:

- tipo AC per l'utilizzazione con corrente alternata

- tipo A per l'utilizzazione con apparecchi di classe 1 con circuiti elettronici che danno origine a correnti pulsanti e/o componenti continue.

Intervento automatico segnalato dalla posizione della leva di manovra.

Tropicalizzazione degli apparecchi: esecuzione T2 secondo norma IEC 68-2-30 (umidità relativa 95% a 55°C).

Caratteristiche costruttive

Gli interruttori si devono montare, mediante aggancio bistabile, su guida simmetrica DIN o a doppio profilo (tipo Multifix o similare), devono poter essere alimentati da valle senza alterazione delle caratteristiche elettriche. Per correnti di corto circuito superiori a 6 kA si richiedono la chiusura rapida (manovra indipendente) ed il sezionamento visualizzato.

Per correnti nominali superiori a 25 A è richiesta la possibilità di collegare cavi di sezione fino a 35 mm², devono avere un sistema di doppia identificazione (leva e morsetto).

I morsetti devono essere dotati di un dispositivo di sicurezza per evitare l'introduzione dei cavi a morsetto serrato ed inoltre devono essere zigrinati per assicurare una migliore tenuta al serraggio, le viti devono potere essere serrate con utensili dotati di parte terminale a taglio o a croce.

Le singole fasi degli interruttori multipolari devono essere separate tra di loro mediante diaframma isolante. La dimensione del polo degli interruttori automatici magnetotermici deve essere pari ad 1 modulo (max 18 mm), per tutti i valori di corrente nominale e di potere di interruzione.

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali devono essere dotati di visualizzazione meccanica dell'intervento per differenziale sul proprio frontale.

I blocchi differenziali associati agli interruttori devono consentire l'utilizzo di pettini di ripartizione di portata pari a 100 A isolati anche sui terminali non utilizzati.

Nel caso in cui non si usi il pettine per la ripartizione occorre assicurare, in corrispondenza dei morsetti, la presenza di copriviti piombabili che garantiscano un grado di protezione superiore a IP20.

Ausiliari elettrici

Possibilità di montare sul lato sinistro di ciascun apparecchio (vista frontale) i seguenti elementi ausiliari, di dimensioni pari ad 1/2 o 1 modulo: segnalazione della posizione dei contatti dell'interruttore, segnalazione per intervento su guasto, bobina di minima tensione istantanea o ritardata, bobina a lancio di corrente, per un massimo di 3 moduli. Possibilità di verificare ad interruttore aperto il funzionamento dei contatti di segnalazione dello stato dell'interruttore e di segnalazione guasto.

Devono essere ben leggibili sugli ausiliari elettrici le indicazioni degli schemi elettrici, di montaggio e delle caratteristiche. Lo stato degli ausiliari elettrici deve essere visualizzato meccanicamente. Tutti gli ausiliari elettrici devono essere montati senza utilizzare viteria. Gli ausiliari elettrici devono consentire l'utilizzo di pettini di ripartizione di portata pari a 100 A isolati anche sui terminali non utilizzati.

Accessori meccanici

Possibilità di utilizzare un blocco a lucchetto montabile con facilità, in posizione di interruttore aperto. Gli interruttori devono poter essere comandati lateralmente o frontalmente mediante manovra rotativa con eventuale blocco porta, devono poter essere montati nella versione estraibile e sezionabile con la possibilità di essere bloccati nella posizione di sezionato.

Gli interruttori devono poter essere accessoriati di coprimorsetti che assicurino un grado di protezione superiore ad IP20 anche sul lato superiore.

4.2.5 Interruttori automatici magnetotermici e diff. modulari da 0,5 a 100 A (uso industriale)

Generalità

Riferimenti normativi: CEI EN 60947.1/2.

Tensione nominale fino a 440 Vca e 500 Vcc.

Correnti nominali fino a 100 A.

Poteri di interruzione fino a 50 kA.

Caratteristiche di intervento magnetico:

* fino a $I_n = 63$ A

$I_m = 3 I_n$

$I_m = 4 I_n$

$I_m = 8,5 I_n$

$I_m = 12 I_n$ con valori convenzionali di non intervento ed intervento termico pari a $I_{nf} = 1,05 I_n$

$I_f = 1,2 I_n$

$I_m = 12 I_n$ solo magnetico

* fino a $I_n = 100$ A

$I_m = 4 I_n$

$I_m = 8,5 I_n$

$I_m = 12 I_n$.

Taratura fissa.

Numero poli da 1 a 4 tutti protetti.

Possibilità di avere l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale istantanea con i seguenti valori di I_n : 0,03 - 0,3 - 0,5 - 1 - 3 A e selettiva con valori di I_n pari a 0,3 - 1 - 3 A.

Protezione contro gli scatti intempestivi per gli interruttori automatici differenziali (onda di corrente di prova 8/20 microsecondi).

Sensibilità alla forma d'onda:

- tipo AC per l'utilizzazione con corrente alternata

- tipo A per l'utilizzazione con apparecchi di classe 1 con circuiti elettronici che danno origine a correnti pulsanti e/o componenti continue.

Intervento automatico segnalato dalla posizione della leva di manovra.

Tropicalizzazione degli apparecchi: esecuzione T2 secondo norma IEC 68-2-30 (umidità relativa 95% a 55° C).

Caratteristiche costruttive

Gli interruttori si devono montare, mediante aggancio bistabile, su guida simmetrica DIN o a doppio profilo (tipo Multifix o similare), devono poter essere direttamente montati su pannello isolante e devono poter essere alimentati da valle senza alterazione delle caratteristiche elettriche. Si richiedono la chiusura rapida (manovra indipendente) ed il sezionamento visualizzato.

Tensione nominale di tenuta ad impulso (onda di prova 1,2/50 microsecondi) pari a 6 kV; per correnti nominali fino a 63 A è richiesta la possibilità di collegare cavi di sezione fino a 35 mm²; per correnti superiori, cavi di sezione fino a 50 mm². Gli interruttori devono avere un sistema di doppia identificazione (leva e morsetto). I morsetti devono essere dotati di un dispositivo di sicurezza per evitare l'introduzione dei cavi a morsetto serrato ed inoltre devono essere zigrinati per assicurare una migliore tenuta al serraggio; le viti devono potere essere serrate con utensili dotati di parte terminale a taglio o a croce. Le singole fasi degli interruttori multipolari devono essere separate tra di loro mediante diaframma isolante.

La dimensione del polo degli interruttori automatici magnetotermici deve essere pari ad:

1 modulo (18 mm) fino a $I_n = 63$ A

1 modulo (27 mm) fino a $I_n = 100$ A.

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali devono essere dotati di visualizzazione meccanica dell'intervento per differenziale sul proprio frontale. Gli interruttori con modulo pari a 18 mm devono consentire l'utilizzo di pettini di ripartizione isolati anche sui terminali non utilizzati; tale possibilità deve valere anche in presenza di blocco differenziale ed altri ausiliari elettrici.

Nel caso in cui non si usi il pettine per la ripartizione occorre assicurare, in corrispondenza dei morsetti, la presenza di coprivi piombabili che garantiscano un grado di protezione superiore a IP20.

Ausiliari elettrici

Per interruttori automatici magnetotermici con correnti nominali:

- fino a 63 A, con modulo pari a 18 mm, possibilità di montare sul lato sinistro di ciascun apparecchio (vista frontale) i seguenti elementi ausiliari, di dimensioni pari ad 1/2 o 1 modulo: segnalazione della posizione dei contatti dell'interruttore, segnalazione per intervento su guasto, bobina di minima tensione istantanea o ritardata, bobina a lancio di corrente, per un massimo di 3 moduli; possibilità di verificare ad interruttore aperto il funzionamento dei contatti di segnalazione dello stato dell'interruttore e di segnalazione guasto; devono essere ben leggibili sugli ausiliari elettrici le indicazioni degli schemi elettrici, di montaggio e delle caratteristiche lo stato degli ausiliari elettrici deve essere visualizzato meccanicamente tutti gli ausiliari elettrici devono essere montati senza utilizzare viteria; gli ausiliari elettrici devono consentire l'utilizzo di pettini di ripartizione di portata pari a 100 A isolati anche sui terminali non utilizzati.
- fino a 100 A, con modulo pari a 27 mm, possibilità di montare sul lato sinistro di ciascun apparecchio (vista frontale) i seguenti elementi ausiliari, di dimensione pari a 1/2 modulo: segnalazione della posizione dei contatti dell'interruttore e segnalazione per intervento su guasto; sul lato destro bobina di minima tensione istantanea o ritardata, bobina a lancio di corrente o, nel caso di interruttore magnetotermico differenziale, comando di apertura a distanza.

Accessori meccanici

Possibilità di utilizzare un blocco a lucchetto montabile con facilità, in posizione di interruttore aperto; gli interruttori devono poter essere comandati lateralmente o frontalmente mediante manovra rotativa con eventuale blocco porta, devono poter essere montati nella versione estraibile e sezionabile con la possibilità di essere bloccati nella posizione di sezionato.

Gli interruttori devono poter essere accessoriati di coprिमorsetti che assicurino un grado di protezione superiore ad IP20 anche sul lato superiore.

4.3 *Conduttori, cavi e accessori*

Posa dei cavi

I cavi dovranno essere posati in modo ordinato, paralleli fra loro, senza attorcigliamenti e incroci, rispettando il raggio di curvatura indicato nelle tabelle dei rispettivi costruttori.

I cavi non dovranno presentare giunzioni intermedie lungo il percorso, tranne nel caso in cui la lunghezza dei collegamenti sia maggiore della pezzatura di fabbrica.

Nei tratti verticali i cavi dovranno essere ancorati con passo massimo di 0,5 m; nei tratti orizzontali i cavi dovranno essere legati alle passerelle e/o ai canali mediante fascette in corrispondenza di curve, diramazioni, incroci, cambiamenti di quota e lungo i tratti in rettilineo almeno ogni 5 m. I cavi dovranno essere fissati anche nel caso di canali chiusi (non forati) utilizzando apposite barre trasversali ed accessori previsti dal costruttore, eventualmente forniti in dotazione ai sistemi di canali.

I morsetti di ancoraggio alle scale posacavi saranno di tipo aperto; si esclude l'uso di morsetti metallici chiusi in particolare nel caso di cavi unipolari.

Marcatura cavi

Ogni cavo dovrà essere contrassegnato in modo leggibile e permanente con le sigle indicate negli elaborati di progetto, in modo da consentirne l'individuazione. Le marcature saranno conformi alle norme CEI 16-7, art. 3, ed essere applicate alle estremità del cavo in corrispondenza dei quadri e delle cassette di derivazione dorsali, con anelli o tubetti portaetichette, ovvero tubetti presiglati o termorestringenti.

Connessioni terminali

Le connessioni dei cavi comprendono la formazione delle terminazioni ed il collegamento ai morsetti. La guaina dei cavi multipolari dovrà essere opportunamente rifinita nel punto di taglio

con manicotti termorestringenti. Le terminazioni saranno di tipo e sezione adatte alle caratteristiche del cavo su cui verranno montate e all'apparecchio a cui verranno collegate con esclusione di qualsiasi adattamento di dimensione o sezione del cavo o del capocorda stesso.

Ad ogni dispositivo di serraggio di ciascun morsetto non dovrà essere cablato più di un conduttore; l'eventuale equipotenzializzazione dovrà avvenire tra i morsetti mediante opportune barrette "di parallelo".

I cavi, presso i punti di collegamento, dovranno essere fissati con fascette o collari, ovvero si dovranno utilizzare appositi pressacavi, in modo da evitare sollecitazioni sui morsetti di quadri o cassette, ecc.

Per le connessioni dei cavi di energia, di comando, di segnalazione e misura, si dovranno impiegare capicorda a compressione in rame stagnato, del tipo preisolato o protetto con guaina termorestringente.

Designazione dei cavi

Negli schemi, le designazioni delle linee in partenza o in arrivo dai quadri dovranno essere fatte secondo le sigle unificate delle tabelle CEI-UNEL, in base alle quali risulta pure deducibile in modo inequivocabile, la formazione delle linee e, in particolare, se essa risulta costituita da cavi unipolari o da cavi multipolari.

4.4 Canali posacavi

Canali posacavi

Il dimensionamento dei canali posacavi, delle passerelle a traversini e delle scale posa cavi, dovrà essere studiato in relazione al quantitativo di cavi da posare, la distanza tra canali sovrapposti dovrà consentire l'agevole posa dei cavi, sia in corso di esecuzione del lavoro sia successivamente.

I canali posacavi e le passerelle saranno costituiti da elementi componibili, così che la loro messa in opera non richieda operazioni di saldatura, ma solo tagli e forature. La zincatura dovrà essere conforme alla Norma UNI EN 10142 con quantità di zinco pari a 275 gr/m² sulle due superfici, equivalente a 18 micron di spessore.

I sostegni saranno di tipo prefabbricato, di materiale e con zincatura conforme al canale; dovranno essere sempre previsti nei punti di diramazione, dove iniziano i tratti in salita o in discesa e alle estremità delle curve. I sostegni dovranno assicurare al canale una completa rigidità in tutti i sensi e non dovranno subire né forature, né altra lavorazione dopo il trattamento di protezione superficiale.

La freccia massima consentita, calcolata nella mezzeria degli appoggi, non deve superare il valore di 0,1% della luce degli appoggi stessi.

La viteria e bulloneria sarà in acciaio inossidabile con testa a goccia e sottotesta quadra; si esclude l'uso di rivetti.

Per la separazione tra reti diverse saranno usati divisori previsti dal costruttore del sistema, posti su tutta la lunghezza della canalizzazione, comprese le curve, le salite e discese, gli incroci e le derivazioni; i divisori saranno provvisti di forature o asolature idonee per il fissaggio ai canali ma non dovranno presentare aperture sulla parete di separazione dei cavi.

I coperchi dovranno avere i bordi ripiegati privi di parti taglienti; il fissaggio dovrà avvenire per incastro o tramite ganci di chiusura innestati sul coperchio.

Non è consentito l'uso di viti autofilettanti o precarie molle esterne.

Qualora fossero verniciati con polveri in resina epossidica, saranno corredati di idonee aree di collegamento, opportunamente contrassegnate, esenti da verniciatura onde poter effettuare il collegamento equipotenziale e garantire la continuità metallica.

Tutti gli eventuali tagli effettuati su canali posacavi metallici non dovranno presentare sbavature e parti taglienti; dopo le lavorazioni di taglio o foratura si dovrà provvedere a ripristinare il tipo di zincatura o verniciatura adeguata al canale e proteggere eventualmente il taglio con guarnizioni opportune. I fori e le asolature effettuate per l'uscita dei cavi verso le cassette di derivazione, dovranno essere opportunamente rifiniti, con passacavi in gomma o guarnizioni in materiale

isolante.

Le staffe e le mensole saranno opportunamente dimensionate. A tal fine si dovranno presentare alla DL, prima della loro installazione, i calcoli atti a stabilire il tipo di mensole e la loro interdistanza. In ogni caso l'interdistanza massima consentita è di 2000 mm per i singoli canali di larghezza fino a 250 mm e 1500 mm negli altri casi e comunque tale che la freccia d'inflessione non risulti superiore a 5 mm.

Le curve, le derivazioni, le calate, gli incroci e i cambi di quota saranno possibilmente del tipo prestampato, ciò per evitare il più possibile i tagli sul canale o passerella base.

La zincatura non dovrà presentare macchie nere, incrinature, vaiolature, scaglie, grumi, scorie o altri analoghi difetti.

La verniciatura dei componenti zincati dovrà essere effettuata dopo aver trattato gli stessi con una doppia mano di fondo di "aggrappante"; la verniciatura finale dovrà essere poi effettuata con una doppia mano di prodotto a base di resine epossidiche con il colore che sarà concordato in sede di DL.

4.5 Cavidotti, cassette e scatole di derivazione

Tubazioni flessibili in materiale termoplastico

Tutte le tubazioni saranno conformi alle norme CEI riportate nella descrizione dei tipi. Non saranno ammesse giunzioni lungo tutto il tratto di tubo.

Tubazioni rigide in materiale termoplastico

Tutte le tubazioni saranno conformi alle tabelle UNEL e alle norme CEI riportate nella descrizione dei tipi; la raccorderia sarà di tipo a pressatubo o filettata, a seconda dei casi, mentre il fissaggio in vista dovrà essere eseguito impiegando morsetti di tipo plastico con bloccaggio del tubo a scatto.

Le tubazioni in vista dovranno essere fissate alle pareti con sostegni distanziati quanto necessario per evitare la flessione; in ogni caso la distanza dei sostegni non dovrà essere superiore a 1 m.

Negli impianti incassati, le giunzioni tra tubi dovranno essere eseguite mediante manicotti previsti dal costruttore.

Installazioni per interno

I cavidotti dovranno essere messi in opera parallelamente alle strutture degli edifici, sia sui piani orizzontali che su quelli verticali (non saranno ammessi percorsi diagonali, salvo eccezioni per i sottoscala), le curve dovranno avere un raggio tale che sia possibile rispettare, nella posa dei cavi, le curvature minime per essi prescritte.

La messa in opera di cavidotti metallici dovrà assicurarne la continuità elettrica per l'intero percorso.

Le tracce sulle murature dovranno essere effettuate secondo percorsi verticali e orizzontali, comunque di preferenza in una fascia di 30 cm dal filo soffitto, filo pavimento e filo pareti.

Le barriere tagliafiamma utilizzate nel progetto nelle vie cavi dovranno essere singolarmente certificate con documentazione fornita in copia alla D.L.

Installazioni interrate

Le tubazioni interrate saranno in PVC di tipo rigido, serie pesante, i giunti saranno di tipo "a bicchiere", sigillati con apposito collante o di tipo filettato per evitare lo sfilamento e le infiltrazioni di acqua; le giunzioni e gli imbocchi dovranno inoltre essere particolarmente curati onde evitare ostacoli allo scorrimento dei cavi.

La posa dovrà avvenire a non meno di 50 cm di profondità, avendo cura di stendere sul fondo dello scavo e sopra il tubo, una volta posato, uno strato di sabbia di circa 10 cm di spessore; inoltre dovrà essere steso a 30 cm sopra la tubazione un nastro avvisatore in polietilene, riportante la dicitura o del colore definito in sede di DL.

I tratti interrati, ove sia prevedibile il transito di automezzi, dovranno essere protetti con copponi in calcestruzzo vibrato, ovvero con getto di calcestruzzo magro; gli incroci di cavidotti diversi dovranno essere protetti con getto di calcestruzzo magro.

In corrispondenza dei cambiamenti di direzione e ad intervalli non superiori a 25 m dovranno

essere previsti dei pozzetti di ispezione.

I tratti rettilinei orizzontali dovranno essere posati con pendenza verso un pozzetto per evitare il ristagno dell'acqua all'interno del tubo; i tratti entranti nel fabbricato dovranno essere posati con pendenza verso l'esterno per evitare l'ingresso dell'acqua. Tutti i pozzetti saranno senza fondo, o comunque con adeguati fori per evitare il ristagno dell'acqua.

Le estremità dei tubi in ingresso e uscita dal fabbricato dovranno essere chiuse con tappo e sigillate con un passacavo stagno.

I tubi vuoti saranno corredati di filo pilota in acciaio zincato di adeguata robustezza.

Cassette e scatole in materiale termoplastico

I contenitori saranno di materiale termoplastico pesante di tipo autoestinguente ottenuti in unica fusione.

Dovranno poter contenere i morsetti di giunzione e derivazione e gli eventuali separatori fra i circuiti appartenenti a sistemi diversi. Le viti di fissaggio dovranno poter essere alloggiare in opportune sedi e avere accessori e/o guarnizioni che garantiscano il grado di protezione, la classe d'isolamento prescritta e che comunque non diminuiscano il livello di tensione d'isolamento dei cavi.

Guarnizioni cassette

Saranno del tipo anti-invecchiante al neoprene o al silicone.

Coperchi cassette

Saranno rimovibili a mezzo di attrezzo, fissati per mezzo di viti imperdibili in nylon a passo lungo, con testa sferica per consentire l'apertura a cerniera del coperchio, ovvero in acciaio inox o in ottone, salvo deroghe concesse dalla DL, disposti in maniera idonea ad assicurare una compressione uniforme su tutti i lati del coperchio.

Morsettiere di derivazione

All'interno delle cassette poste lungo le dorsali le morsettiere saranno in poliammide, di tipo fisso e componibili, mentre nelle cassette poste all'interno dei vari locali saranno in policarbonato, di tipo "compatto", unipolari a più vie. Il serraggio dei conduttori sarà di tipo indiretto.

La suddivisione tra gruppi di morsetti di tipo componibile appartenenti a fasi diverse dovrà avvenire mediante separatori.

Ove espressamente richiesto le derivazioni potranno essere effettuate all'esterno di cassette a mezzo di morsetti a perforazione dell'isolante, ovvero con morsetti a guscio del tipo specificato nella parte nel presente capitolato.

Per ogni tipologia di morsettiera la tensione di isolamento dovrà comunque essere coerente con quelle dei cavi che ivi saranno attestati.

Montaggio e fissaggio cassette

Le cassette dovranno essere montate in posizione accessibile; il fissaggio dovrà essere effettuato tramite tasselli ad espansione e bulloneria in acciaio zincato o chiodatura a sparo, in modo comunque da non trasmettere sollecitazioni ai tubi o ai cavi che vi fanno capo. Lo stesso dicasi per i telai in profilati metallici, staffe, zanche dimensionati per sostenere la cassetta.

Marcatura

I canali e le cassette dovranno essere contrassegnati in modo visibile con le sigle indicate negli elaborati grafici di progetto o da concordare con la DL; i contrassegni saranno di materiale inalterabile nel tempo e applicati con sistemi che ne garantiscano un fissaggio permanente.

Tutte le cassette dovranno essere contrassegnate in maniera ben visibile con etichette in tela plastificata (dim. 14x 19 mm, ovvero 22x40 mm) indicanti il circuito di appartenenza e poste per quanto possibile sul dorso della cassetta, in linea o in prossimità delle condutture in ingresso, diversamente dovranno essere contrassegnate sul retro del coperchio qualora sussistano fattori estetici o finiture delle superfici che rivestano carattere artistico.

I pozzetti dovranno essere contrassegnati in modo visibile, con simboli o numeri indicati negli elaborati grafici di progetto o definiti in sede di DL; la marcatura dovrà essere effettuata a mezzo di

vernice ad elevate caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici, ovvero con contrassegni, targhette o altro definito in sede di DL, fissati con tasselli ad espansione.

4.6 Chiusini o sigilli in ghisa da utilizzarsi per lavori stradali

La fornitura e posa in opera di sigilli o chiusini in ghisa, completi di telaio e controtelaio, su pozzetti predisposti, dovrà essere effettuata rispettando la seguente classificazione riferita alle zone di impiego:

CLASSE A15: (carico di rottura KN 15) per zone esclusivamente pedonali e ciclistiche superfici paragonabili a spazi verdi.

CLASSE B125: (carico di rottura KN 125) per marciapiedi – zone pedonali aperte occasionalmente al traffico – aree di parcheggio e parcheggi a più piani per autoveicoli.

CLASSE C250: (carico di rottura KN 250) per cunette ai bordi delle strade estendentisi al massimo fino a 0,5 ml. sulle corsie di circolazione e fino a 0,2 ml. sui marciapiedi – banchine stradali e parcheggi per autoveicoli pesanti.

CLASSE D400: (carico di rottura KN 400) per vie di circolazione (strade provinciali e statali) – aree di parcheggi per tutti i tipi di veicoli.

CLASSE E600: (carico di rottura KN 600) per aree speciali per carichi particolarmente elevati quali porti ed aeroporti.

Tutti i coperchi e i telai dovranno riportare le seguenti marcature:

- 1) EN 124;
- 2) La classe appropriata (per esempio D 400);
- 3) Il nome e/o il marchio di identificazione del fabbricante;
- 4) Il marchio di un ente di certificazione;
- 5) Eventuali marcature aggiuntive relative all'applicazione e o al proprietario.

Le marcature di cui sopra dovranno essere riportate in maniera chiara e durevole e dovranno, dove possibile, essere visibili quando l'unità è installata.

4.7 Impianti di distribuzione luce e fm

Componenti

I vari componenti da utilizzare per la realizzazione dei punti equivalenti, dovranno avere le caratteristiche delle rispettive voci descritte negli articoli precedenti.

Cassette e scatole

Le scatole e cassette di derivazione dovranno essere equipaggiate con tutti gli accessori (racordi per tubo, pressacavi, ecc.) necessari a garantire all'impianto il grado di protezione richiesto.

Le dimensioni minime dovranno essere pari a 150 x 110 mm o equivalente (le cassette di derivazione installate su canale posacavi o destinate a condutture dorsali) e pari a 100 x 100 mm o equivalente (cassette di derivazione, di transito o di attestazione all'interno dei locali).

Morsettiere di derivazione

All'interno delle cassette poste lungo le dorsali le morsettiere saranno in poliammide, di tipo fisso e componibili, mentre nelle cassette poste all'interno dei vari locali saranno in policarbonato, di tipo "compatto", unipolari a più vie, con esclusione, di derivazioni eseguite con nastro isolante o con morsetti del tipo "a mammouth". Il serraggio dei conduttori sarà di tipo indiretto.

La suddivisione tra gruppi di morsetti di tipo componibile appartenenti a linee diverse dovrà avvenire mediante separatori.

Per ogni tipologia di morsettiera la tensione di isolamento dovrà comunque essere coerente con quelle dei cavi che ivi saranno attestati.

Tubazioni

Il rapporto tra il diametro interno dei tubi e il diametro del cerchio circoscritto ai cavi ivi contenuti, sarà > 1,3 per gli ambienti ordinari e > 1,4 per gli ambienti speciali.

Le tabelle che seguono riportano il diametro minimo delle tubazioni in base alla sezione e al numero dei cavi in esse previsti. In ogni caso il diametro minimo delle tubazioni da utilizzare è 20 mm.

I cavi da installare entro tubi dovranno poter essere agevolmente sfilati e reinfilati; quelli da installare su canali o cunicoli dovranno poter essere facilmente posati e rimossi.

Nella posa in vista la distanza fra due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1 m; i fissaggi dovranno essere sempre previsti sia prima che dopo ogni cambiamento di direzione.

I cambiamenti di direzione potranno essere ottenuti sia con curve di tipo ampio con estremità a baccello o filettate a seconda dei tipi e dei gradi di protezione richiesti, sia per piegatura a caldo con esclusione delle curve di tipo "ispezionabile".

Qualora si dovessero usare sistemi di canalizzazione in materiale termoplastico ci si dovrà riferire, per la realizzazione, alle norme CEI di prodotto. Per quanto riguarda i cavi per telecomunicazioni le guaine dei conduttori dovranno avere le colorazioni conformi alle tabelle CEI-UNEL 00712 e 00724.

DIAMETRI MINIMI DELLE TUBAZIONI PER I CIRCUITI TERMINALI

IN FUNZIONE DEL NUMERO DI CAVI UNIPOLARI TIPO N07V-K O N07G9-K CONTENUTI

| sezione nominale cavo | Ø tubo PVC flessibile | | | | | Ø tubo PVC rigido | | | | | Ø tubo PVC filettabile | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|----|------------------------|----|----|----|----|
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| 1,5 | 7 | 9 | | | | 9 | | | | | 8 | 9 | | | |
| 2,5 | 4 | 8 | 9 | | | 7 | 9 | | | | 5 | 8 | 9 | | |
| 4 | 3 | 5 | 9 | 9 | | 5 | 8 | 9 | | | 4 | 7 | 9 | 9 | |
| 6 | 1 | 3 | 5 | 9 | 9 | 2 | 4 | 8 | 9 | | 1 | 3 | 7 | 9 | |
| 10 | 1 | 1 | 4 | 7 | 9 | 1 | 3 | 5 | 8 | 9 | 1 | 1 | 5 | 8 | 9 |
| 16 | | 1 | 2 | 5 | 8 | 1 | 1 | 4 | 7 | 8 | 1 | 1 | 3 | 5 | 9 |
| 25 | | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| 35 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 50 | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 70 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| 95 | | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| 120 | | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 |
| 150 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 |
| 185 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | 1 |
| 240 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |

DIAMETRI MINIMI DELLE TUBAZIONI PER I CIRCUITI TERMINALI

IN FUNZIONE DEL NUMERO DI CAVI MULTIPOLARI TIPO FG7OR 0.6/1kV CONTENUTI

| sezione nominale cavo | Ø tubo PVC flessibile | | | | | Ø tubo PVC rigido | | | | | Ø tubo PVC filettabile | | | | | Ø tubo PVC metallico | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|----|------------------------|----|----|----|----|----------------------|----|----|----|----|
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| 2x1,5 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| 3x1,5 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| 4x1,5 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 2 | 4 | | 1 | 1 | 1 | 4 | | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 5x1,5 | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2x2,5 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 3x2,5 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 2 | 4 | | 1 | 1 | 1 | 4 | | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 4x2,5 | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 5x2,5 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 3 |

| | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 2x4 | 1 1 1 3 | 1 1 1 4 | 1 1 1 3 | 1 1 1 3 |
| 3x4 | 1 1 1 2 | 1 1 1 3 | 1 1 1 3 | 1 1 1 3 |
| 4x4 | 1 1 1 1 | 1 1 1 2 | 1 1 1 2 | 1 1 1 2 |
| 5x4 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 |
| 2x6 | 1 1 1 | 1 1 1 3 | 1 1 2 | 1 1 1 2 |
| 3x6 | 1 1 1 | 1 1 2 | 1 1 1 | 1 1 2 |
| 4x6 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 |
| 5x6 | 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 |
| 2x10 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 |
| 3x10 | 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 |
| 4x10 | 1 1 | 1 1 1 | 1 1 | 1 1 1 |
| 5x10 | 1 1 | 1 1 | 1 1 | 1 1 |

DIAMETRI MINIMI DELLE TUBAZIONI PER I CIRCUITI TERMINALI
CAVI UNIPOLARI ISOLATI IN GOMMA - TIPO FG7R 0.6/1kV

| sezione nominale cavo | Ø tubo PVC flessibile | | | | | Ø tubo PVC rigido | | | | | Ø tubo PVC filettabile | | | | | Ø tubo PVC metallico | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|----|------------------------|----|----|----|----|----------------------|----|----|----|----|
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| 1,5 | 1 | 1 | 3 | 7 | 9 | 1 | 2 | 5 | 8 | 9 | 1 | 1 | 4 | 7 | 9 | 1 | 2 | 4 | 8 | 9 |
| 2,5 | 1 | 1 | 3 | 5 | 9 | 1 | 1 | 4 | 7 | 9 | 1 | 1 | 4 | 7 | 9 | 1 | 1 | 4 | 7 | 9 |
| 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 8 | 1 | 1 | 3 | 7 | 9 | 1 | 1 | 3 | 5 | 9 | 1 | 1 | 3 | 5 | 9 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 4 | 7 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 1 | 1 | 2 | 4 | 8 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 | 1 | 4 | 7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 7 | 1 | 1 | 1 | 4 | 7 |
| 16 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| 25 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 4 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 35 | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 50 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| 70 | | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| 95 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 |
| 120 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 |
| 150 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 |
| 185 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| 240 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |

Cavi e conduttori

Generalmente per la posa entro tubazioni si utilizzeranno conduttori con tensione nominale 450/750V, mentre per la posa entro canali si utilizzeranno cavi con tensione nominale 600/1000V. Nel limiti del possibile le guaine dei conduttori dovranno avere le seguenti colorazioni conformi alle tabelle CEI-UNEL 00722:

- * conduttore di protezione giallo/verde
- * conduttore neutro blu chiaro
- * conduttore di fase linee punti luce: grigio
- * conduttore di fase linee prese alimentate da UPS marrone
- * conduttore di fase linee prese nero
- * conduttori per circuiti a 12-24-48V rosso, o verde o altri.

Il dimensionamento dei conduttori attivi dovrà essere effettuato in modo da soddisfare soprattutto le esigenze di portata, di resistenza ai cortocircuiti e i limiti massimi ammissibili per le

cadute di tensione (CEI 64-8); in ogni caso le sezioni minime dei conduttori per le alimentazioni alle singole utenze non dovranno essere inferiori a quelle della tabella che segue.

Per quanto riguarda i cavi per telecomunicazioni le guaine dei conduttori dovranno avere le colorazioni conformi alle tabelle CEI-UNEL 00712 e 00724.

SEZIONI MINIME CONDUTTORI DEI CAVI DI CIRCUITI TERMINALI

| | cavi isolati in PVC | cavi isolati in gomma |
|--|---------------------|-----------------------|
| Derivazioni a singolo punto luce | 1.5 mm ² | 1.5 mm ² |
| Derivazioni a più di un punto luce | 2.5 mm ² | 2.5 mm ² |
| Derivazioni a singoli punti presa da 16A | 2.5 mm ² | 2.5 mm ² |
| derivazioni a più punti presa da 16A | 4 mm ² | 4 mm ² |
| derivazioni a singoli punti presa fino a 32A | 6 mm ² | 4 mm ² |
| derivazioni a più punti presa fino a 32A | 10 mm ² | 6 mm ² |

Nota: solo per cavi di circuiti singolarmente installati in tubo a vista o ad incasso nella muratura.

4.8 Modalità di realizzazione degli impianti luce e fm

Indicazioni generali

Le derivazioni per l'alimentazione di più apparecchi utilizzatori dovranno essere realizzate all'esterno degli apparecchi stessi in apposite cassette di derivazione, si esclude la derivazione tra centri luminosi senza transitare attraverso una scatola di derivazione; nel caso di soffitti in latero-cemento la cassetta di derivazione dovrà essere posta a parete, salvo diversa indicazione della DL. E' consentito il cavallotto tra le prese e gli interruttori di una stessa scatola (deviatori, ecc.) solo se questi frutti sono predisposti allo scopo.

E' altresì consentita la derivazione tra centri luminosi attraverso gli stessi apparecchi illuminanti alla sola condizione che gli stessi siano predisposti per tale modalità dal Costruttore.

Le cassette di transito saranno obbligatorie su tracciati comprendenti curve, in modo che tra due cassette di transito non si riscontri mai più di una curva o comunque curve con angoli minori di 90°.

Nei tratti in rettilineo le cassette di transito saranno comunque obbligatorie almeno ogni 5 m.

Per ogni locale dovrà essere prevista una cassetta di derivazione posta lungo la dorsale salvo il caso di locali adiacenti o affacciati, nel qual caso si potrà utilizzare un'unica cassetta di derivazione. Ogni cassetta di derivazione dovrà essere dedicata ad un solo circuito (non saranno ammesse cassette promiscue per più circuiti in partenza dai quadri di piano o di zona).

Il posizionamento degli apparecchi di comando e delle prese dovrà rispettare le seguenti quote, salvo diversa indicazione nei disegni o nei paragrafi precedenti o dal parte della DL:

| Apparecchiatura | altezza dal pavimento o dal piano di calpestio all'asse della cassetta (cm) | distanza dalle porte dell'asse della cassetta (cm) |
|---|---|--|
| 2. centralino di locale | 160 | |
| 2. interruttori, deviatori, pulsanti | 90 | 20 |
| 3. prese in genere | 30 (45) | 20 |
| 4. pulsante a tirante (sopra vasca o doccia) | > 225 | |
| 5. termostati, sonde di temperatura in genere | 150 ÷ 160 | 20 |
| 6. apparecchi di segnalazione ottica | 250 ÷ 300 | |

I valori tra parentesi si riferiscono a locali fruibili da persone disabili.

Impianti sottotraccia

Nell'esecuzione incassata, a parete o a pavimento, i vari punti di utilizzazione dovranno essere realizzati con:

- tubazioni in PVC tipo medio, flessibile o rigido, secondo quanto specificato nella parte II del presente capitolato e nelle tavole grafiche;
- cassette in resina autoestinguente e antiurto;
- conduttori del tipo specificato nel presente capitolato e nelle tavole grafiche, con le sezioni indicate negli articoli precedenti.

Impianti "in vista" di tipo isolante

Nell'esecuzione "in vista" di tipo isolante, i vari punti di utilizzazione dovranno essere realizzati con:

- tubazioni in PVC tipo medio rigido, ovvero di tipo molto pesante filettabile, secondo quanto specificato nella parte II del presente capitolato e nelle tavole grafiche;
- raccordi tipo "blitz" e accessori vari per conseguire il grado di protezione richiesto nella parte II del presente capitolato e nelle tavole grafiche;
- cassette in PVC autoestinguente;
- conduttori del tipo specificato nel presente capitolato e nelle tavole grafiche, con le sezioni indicate negli articoli precedenti,
- canaline in PVC autoestinguente (ove necessario ed ove previsto);
- guaina flessibile in PVC plastificato per il raccordo agli apparecchi utilizzatori.

3. Apparecchi illuminanti per interno

Componenti elettrici

Il circuito elettrico degli apparecchi a scarica e fluorescenti dovrà essere applicato su di un unico elemento asportabile, solidale con il diffusore o, preferibilmente, sistemato sul fondo dell'apparecchio.

Se il circuito elettrico è solidale con il diffusore, questo, quando viene disaccoppiato dalla parte fissa, dovrà rimanere ancorato a mezzo di catenelle o cerniere e comunque sostegni anti-caduta.

I reattori per le lampade a fluorescenza saranno ovunque di tipo a bassissime perdite o elettronici, come richiesto nelle tavole grafiche.

Il fissaggio delle apparecchiature interne dovrà essere effettuato esclusivamente a mezzo viti, con guarnizioni o rosette anti-vibranti; è escluso l'uso di rivettature o fissaggi a pressione o a scatto.

Le parti metalliche dovranno essere collegate a terra tramite appositi morsetti o bulloni di messa a terra.

Il cablaggio interno dovrà essere effettuato con conduttori termoresistenti fino ad una temperatura di 105 °C e di sezione non inferiore a 1 mm².

L'alimentazione per gli apparecchi con lampade a scarica o fluorescenti dovrà essere protetta con fusibile di tipo rapido, installato in posizione facilmente accessibile e rifasata con apposito condensatore.

Le connessioni dei cavi di alimentazione dovranno essere realizzate con capicorda pre-isolati del tipo a compressione.

Gli apparecchi illuminanti predisposti per le file luminose dovranno essere completi di cablaggio lungo tutta la lunghezza della linea fino alla relativa morsettiera di attestazione.

Il cablaggio passante tra le lampade dovrà essere eseguito con apposite guaine di protezione dei conduttori.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno essere completi di lampade; le lampade fluorescenti, dove non altrimenti previsto, saranno tutte del tipo ad alta efficienza luminosa con temperatura di colore pari a 4.000 °K e IRC (indice di resa cromatica > 85).

Reattore elettromagnetico a basse perdite

I reattori elettromagnetici saranno idonei al funzionamento con tensione di alimentazione $V_n \pm 10\%$ e con frequenza $f = 50\text{Hz}$.

Le perdite massime consentite saranno quelle della sottostante tabella:

| | |
|---|----------------|
| Potenza lampada fluorescente lineare: 18 W | Perdite 4,5 W; |
| Potenza lampada fluorescente lineare: 36 W | Perdite 6 W; |
| Potenza lampada fluorescente lineare: 58 W | Perdite 8,5 W; |
| Potenza lampada fluorescente compatta: 7 - 9 W | Perdite 2 W; |
| Potenza lampada fluorescente compatta: 11 W | Perdite 2,5 W; |
| Potenza lampada fluorescente compatta: 18 -36 W | Perdite 5,5 W; |

Reattore elettronico

I reattori elettronici saranno idonei al funzionamento con tensione di alimentazione V_n (10% e con frequenza $f = 50$ Hz (o in corrente continua ove richiesto dai tipi).

Il sistema ad alta frequenza dovrà garantire:

- * la disinserzione automatica delle lampade esaurite;
- * la protezione contro le sovratensioni impulsive secondo le norme CEI 12-13;
- * accensione della lampada entro 0,3 s;
- * potenza costante e indipendente dalla tensione di rete;
- * protezione contro i radiodisturbi secondo le norme CEI 110-2, VDE 0875, EN 55015;
- * contenuto armonico secondo le norme. CEI 34-4, VDE 0712, IEC 929, EN 60929;
- * temperatura limite di funzionamento -20 - +50 °C.

Installazione

Tutti gli apparecchi dovranno essere montati in maniera che sia agevole la manutenzione.

Il fissaggio di apparecchi illuminanti sui canali dovrà essere realizzato in modo da consentire lo smontaggio degli apparecchi indipendentemente dal cavidotti.

L'uscita del cavo di alimentazione dell'apparecchio illuminante dovrà avvenire tramite pressacavo e/o pressatubo, con il grado di protezione richiesto.

4.9 Impianto di rivelazione incendi

Obiettivi Generali Sistema

Il sottosistema di rivelazione automatica di incendio dovrà avere lo scopo di rilevare, con la massima tempestività, eventi di natura estremamente pericolosa per le persone e per le cose, che richiedono una immediata attivazione di contromisure, sia in forma automatica che manuale. Le contromisure automatiche dovranno essere attivate tramite comunicazione diretta tra il Sottosistema di Rivelazione Incendio e gli apparati in campo, come pure con altri sottosistemi, come ad esempio il sistema di evacuazione. Le contromisure afferenti ad altri Sottosistemi dovranno essere invece attivate tramite comunicazione a livello di sistema.

il sistema di rivelazione automatica di incendio, dovrà inoltre avere la possibilità di interagire con il sistema di controllo e gestione degli impianti tecnologici (Automation), per effettuare automaticamente tutte le attuazioni necessarie ad eliminare fonti di ulteriore pericolo o di diffusione dello stesso: sgancio interruttori ai quadri elettrici, blocco sistema di ventilazione, avviamento di eventuali impianti di estrazione fumi, chiusura serrande tagliafuoco, chiusura porte tagliafuoco, ecc..

Il sottosistema antincendio dovrà inoltre interagire con il sottosistema di controllo degli accessi. In caso di pericolo, infatti, dovrà essere rilasciato automaticamente un comando di sblocco incondizionato dei varchi controllati attraverso i quali potrà avvenire il deflusso delle persone dalle aree in cui sono presenti situazioni di pericolo.

I criteri di progetto e di realizzazione del sistema di rivelazione, nonché le caratteristiche dei componenti impiegati, dovranno essere aderenti rispettivamente alla Norma UNI 9795/2010 ed alle prescrizioni previste dalla Norme EN 54 parti 2,4,5,7,8.

La configurazione sistemistica dovrà essere idonea a gestire un numero elevato di punti, e consentire facili espansioni future, nell'ambito di una architettura distribuita e modulare, che dovrà prevedere, a seconda delle dimensioni dell'impianto, l'espandibilità a livello di singola centrale o la possibilità collegare fra loro più centrali intercomunicanti, con modalità funzionale peer-to-peer, su rete locale dedicata.

Caratteristiche degli apparati

Il sistema, in conformità alla Normativa vigente, dovrà essere realizzato con centrali di gestione e linee di collegamento dedicate.

Dovranno essere previste una o più centrali di rivelazione, collegate in peer-to-peer fra di loro. Fra le centrali una dovrà avere la funzione di comunicazione verso i livelli superiori, mentre dovranno poter essere definite più centrali per la gestione operativa dell'intero impianto di Rivelazioni Incendi, o di parti di esso.

Il colloquio sulle linee di collegamento dedicate (loop) dovrà avvenire con protocollo digitale.

Il rilevatore, dotato di microprocessore, non dovrà trasmettere alla centrale informazioni che necessitano di essere elaborate, ma informazioni finite : allarme fumo, allarme calore, guasto del rilevatore, richiesta di manutenzione, sensibilità impostata, tecnologia utilizzata (per i soli sensori multicriterio), ecc. (intelligenza distribuita)

L'analisi delle variazioni di stato dell'ambiente in cui si trova il rilevatore non dovrà essere effettuata dalla centrale di gestione, ma dallo stesso rilevatore interessato al fenomeno.

L'utilizzo di queste tecnologie, oltre ad ottimizzare la rivelazione anche in presenza di tipologie di materiali differenti o non ben identificabili, dovrà permettere di accorciare sensibilmente i tempi di risposta all'incendio e riduce sensibilmente il rischio di falsi allarmi.

Le centrali dovranno mantenere un costante colloquio con gli elementi di campo, segnalando qualsiasi stato della linea o degli elementi stessi (Allarmi, Guasti, Richieste manutenzione). La comunicazione dovrà avvenire attraverso l'utilizzo di un protocollo di tipo digitale

Il pannello di comando dovrà essere equipaggiato con display LCD retroilluminato, con un semplice dispositivo di interfaccia operatore ed un buzzer per l'allarme locale.

Allarmi, guasti, richieste di manutenzione sensore, ecc, dovranno comparire sul display accompagnati dall'indicazione dell'indirizzo e dal numero di gruppo e di loop di appartenenza, nonché associati ad una descrizione alfanumerica (programmabile).

Analoghe visualizzazioni e descrizioni alfanumeriche, dovranno poter essere assegnate ai moduli di comando presenti in campo, per riconoscere dal display lo stato di funzionamento (normale, attivato o escluso), senza possibilità di errore.

Dovrà essere possibile la visualizzazione della memoria eventi e delle principali fonti di alimentazione (mancanza di alimentazione di rete, anomalia batterie, dispersione verso terra, guasti interni della CPU, ecc.).

Il sistema dovrà poter comprendere fino ad un massimo di 32 centrali, e ciascuna centrale dovrà essere in grado di gestire da 1 a 8 loop, per un massimo di 126 punti (tra rivelatori intelligenti, pulsanti, barriere lineari, interfacce per dispositivi esterni quali pannelli ottico-acustici, rivelatori gas o sonde di allagamento), per ogni loop. Le centrali dovranno colloquiare fra loro su di un collegamento ridondato, in modo da garantire la massima sicurezza in termini di garanzia di comunicazione. La logica peer-to-peer dovrà consentire, virtualmente, a ciascuna centrale di avere accesso all'intero sistema di rivelazione. Dovrà essere possibile quindi definire una centrale che ha visibilità su tutto l'impianto sia per la comunicazione verso i livelli superiori, sia per la gestione da parte del personale preposto all'intervento in caso di emergenza.

Dovranno poter essere definiti su altre centrali differenti livelli di visibilità dell'impianto, per gestire, ad esempio, un singolo edificio o una singola area.

La principali funzioni della centrale dovranno essere le seguenti:

- Gestione degli allarmi:
 - segnalazione degli allarmi incendio.
 - segnalazione di avvenuta attuazione altri componenti in campo.

- memorizzazione cronologica degli eventi.
- conteggio degli eventi segnalati
- attuazione delle sirene d'allarme, trasmissioni a distanza uscite di allarme generale e guasto.
- Gestione dei guasti:
 - guasti sulle linee di rivelazione (corto, circuito aperto, rimozione di un rivelatore).
- Guasti interni la centrale, come:
 - alimentazione di rete.
 -

La singola centrale di rivelazione automatica di incendio, dovrà garantire prestazioni di elevato livello mediante l'utilizzo di un potente microprocessore e di software in grado di gestire una impiantistica flessibile, tale da assicurare la massima ottimizzazione delle linee di collegamento verso il campo controllato.

Stante le caratteristiche peculiari dei sistemi di rivelazione e la loro criticità, si prevede che le centrali incendio collochino tra loro su una rete dedicata e che solo una centrale, comunichi verso il sistema di supervisione. Le centrali dovranno essere pertanto collegate fra di loro in una rete dedicata, costituendo un unico sistema che si collegherà, attraverso una di esse, al Centro di Supervisione del Complesso

I sensori di incendio previsti dovranno essere di diverso tipo, in funzione delle applicazioni, basati su tecnologia ottica e termica. Tutti dovranno prevedere un microprocessore a bordo, in grado di elaborare i segnali analogici rilevati. Il microprocessore presente a bordo del sensore dovrà:

- Poter configurare il sensore secondo 5 livelli di funzionamento.
- Gestire il funzionamento Giorno/Notte
- adattare le soglie di allarme per compensare il degrado dovuto all'invecchiamento, alla presenza di contaminanti, alla variazione della temperatura e umidità ambiente;
- autodiagnosticare il funzionamento e richiedere l'intervento di manutenzione;
- applicare filtri digitali destinati ad eliminare i falsi allarmi;
- autoadattare le condizioni di esercizio per tenere conto di eventuali disturbi ambientali, quali per esempio il fumo di sigaretta, con aggiornamento automatico della sensibilità;
- consentire la lettura dei dati memorizzati dal sensore, in qualunque momento, a partire dalla centrale.

I sensori dovranno comunicare le condizioni di allarme e preallarme, le richieste di manutenzione, ecc. attraverso la linea a "loop" cui sono direttamente connessi, alla centrale di competenza, che provvederà in tutta autonomia all'attivazione delle contromisure locali e remote del caso, a richiedere eventuali comandi ad altre centrali sulla rete, ad informare il sistema centrale circa l'evento.

La centrale, attraverso un apposito programma caricato su un personal computer ,dovrà poter eseguire un test remoto del rivelatore con segnalazione di corretto funzionamento tramite invio di una misura analogica ,da parte del rivelatore,alla centrale.

Tutti i sensori devono essere dotati di zoccolo ad innesto rapido, per una rapida sostituzione. Lo zoccolo provvederà a fornire al sensore sia l'alimentazione che la linea di comunicazione.

L'indirizzamento dei sensori deve essere unico e deve risiedere sullo zoccolo a cui il sensore viene collegato. In questo modo si assicura che l'indirizzo sia residente nel punto in cui deve essere realizzata la rivelazione, e non sul sensore, che potrebbe essere rimosso per manutenzione o per guasto.

In funzione degli ambienti di installazione, si dovrà potere regolare la sensibilità dei sensori su almeno cinque diversi livelli.

centrale di rivelazione incendio

La Centrale di rivelazione incendi dovrà essere indirizzata per sistemi di rivelazione in rete, espandibile fino ad un massimo di 8 loop con protocollo digitale, con display alfanumerico e manopola per le operazioni in locale. La centrale può funzionare sia in locale (stand-alone) sia inserita in una rete dedicata ridondata specifica in grado di supportare fino a 32 centrali in comunicazione peer-to-peer.

Caratteristiche funzionali

- ⇒ Mette a disposizione la funzioni di rivelazione incendio basata su tecniche digitali.
- ⇒ Identificazione su display grafico dello stato dei sensori e dei gruppi (allarme, guasto, test, manutenzione, ecc.) e degli stati generali di sistema.
- ⇒ Comandi operativi da pannello frontale con manopola operativa e display LCD con retroilluminazione.
- ⇒ Segnalazioni acustiche di allarme e guasto con buzzer interno.
- ⇒ Configurazione del database d'impianto e firmware aggiornabile semplicemente con procedura di down-loading da PC Windows.

Caratteristiche tecniche

- ⇒ Completamente modulare e flessibile in grado di realizzare una architettura multiprocessore integrata e distribuita su rete con connessioni Peer-to-Peer fino a 32 unità base e complessivamente circa 16.000 punti di rivelazione per un totale di circa 32.000 indirizzi
- ⇒ Controllo e gestione su loop di rivelatori di incendio intelligenti e punti di allarme manuali singolarmente indirizzati.
- ⇒ Ogni unità base può gestire fino a 8 loop; su ogni loop possono essere collegati fino a 126 sensori e moduli di I/O. I moduli di I/O sono utilizzati per controllare contatti di stato di altri impianti interagenti con il sistema di rivelazione incendio. I moduli di Output, per realizzare telecomandi locali correlati ad eventi di sistema o allo stato di altri sistemi.
- ⇒ Struttura modulare in grado di ospitare moduli, disponibili tra le seguenti tipologie:
- ⇒ MC scheda Master Control (Già incluso)
- ⇒ Scheda Alimentatore e trasformatore (Già incluso).
- ⇒ Scheda user interface (Già incluso).
- ⇒ Adattore di seriale per comunicazione in peer-to-peer e verso il sistema
- ⇒ Schede loop digitale (ad 1 o 2 loop ciascuna) per un massimo di 8 loop
- ⇒ Schede loop convenzionale
- ⇒ Modulo I/O a 1-4 ingressi programmabili per contatti NC o NO. o uscite controllate 24Vcc.
- ⇒ Pannello di interfaccia operatore costituito da display LCD retroilluminato

Configurazione massima di una centrale

- ⇒ 512 unità intelligenti su max. 8 loop digitali a 2 fili bidirezionali protetti in ingresso dal corto circuito.

Configurazione di rete fra centrali

32 centrali in comunicazione peer-to-peer. Configurazione su rete dedicata con possibilità di ridondanza.

Rivelatori

Rivelatore Lineare Di Fumo

del tipo a riflessione, composto da trasmettitore ,reflex e isolatore .

loop powered

Due versioni di rivelatori con portata 50 o 100 metri in funzione delle esigenze

Sensibilità su tre livelli regolabile direttamente dalla centrale di rivelazione incendio

Compensazione automatica della contaminazione delle lenti per evitare falsi allarmi

Conforme EN 54-12

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

funzionamento normale: 5mA

funzionamento in allarme: 9mA

sensibilità : regolabile su 3 livelli direttamente dalla centrale

Indicatori di allarme e guasto : diodi LED

Grado di protezione IP: IP 50

Temperatura di esercizio: -20°/+55°C

Rivelatore Ottico Di Fumo

Rivelatore ottico di fumo analogico indirizzato

Algoritmi di analisi a bordo del rivelatore.

modalità di risposta selezionabili su 5 livelli direttamente dalla centrale.

Compensazione della deriva tramite algoritmo specifico.

Test di funzionalità remoto.

Conforme alle norme EN 54-7

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

Corrente a riposo: 400 microA

Uscita remota: max 5 mA

Indicatore di allarme: due diodi LED trasparenti a riposo, rossi in allarme

Grado di protezione IP: IP 43

Temperatura di esercizio: -20°/+60°C

Umidità relativa senza condensa: fino a 95%

Base di montaggio con isolatore completa di scheda per l'impostazione dell'indirizzo del dispositivo. Segnalazione di anomalia tramite led giallo integrato nella base.

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

Grado di protezione IP: IP 20

Temperatura di esercizio: -20°/+60°C

Umidità relativa senza condensa: 95%

Pulsante Allarme manuale

Pulsante di allarme manuale indirizzato rosso con membrana plastica flessibile completo di contenitore in versione sporgente e di isolatore di linea.

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

Grado di protezione IP: IP 24

Temperatura di esercizio: -30°/+55°C

Umidità relativa senza condensa: 95%

Conforme EN5411

Ripetitore Ottico

Ripetitore luminoso da interno, permette la ripetizione del segnale d'allarme di uno o più rivelatori convenzionali o analogici. Il ripetitore è collegato alla base del rivelatore e il suo funzionamento può essere programmato via software dalla centrale di rivelazione incendio.

Sirene Loop Powered

SIRENA SU BASE AUSILIARIA

Segnalatore acustico locale per uso interno

La sirena è dotata di una base su cui è possibile installare un rivelatore puntiforme o un segnalatore ottico loop powered

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

intensità sonora 85 db a 1 mt.

corrente assorbita: 3 mA durante il funzionamento

Grado di protezione IP: IP 23D

Temperatura di esercizio: -20°-+60°C

Umidità relativa senza condensa: fino a 95%

MODULO INGRESSO

comprende un ingresso monitorato completo di contenitore e isolatore di linea

led's di segnalazione stato

collegamento e alimentazione tramite loop

indirizzamento singolo o a gruppi

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

corrente assorbita: 4 mA max

Grado di protezione IP: IP 54

Temperatura di esercizio: -20°-+70°C

Umidità relativa senza condensa: fino a 95%

Modulo uscita

comprende una uscita a relè nc/no senza tensione, (30 Vcc/ca-1A) completo di contenitore e isolatore di linea

led's di segnalazione stato

collegamento e alimentazione tramite loop

indirizzamento singolo o a gruppi

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

corrente assorbita: 4 mA max

portata contatti : nc/no: 30 Vca-Vcc, 1A

Grado di protezione IP: IP 54

Temperatura di esercizio: -20°-+70°C

Umidità relativa senza condensa: fino a 95%

MODULO COMANDO IN/out

comprende un ingresso monitorato e una uscita a relè nc/no senza tensione, (30 Vcc/ca-1A), completo di contenitore e isolatore di linea

led's di segnalazione stato

collegamento e alimentazione tramite loop

indirizzamento singolo o a gruppi

DATI TECNICI

alimentazione 17-28 Vdc

corrente assorbita: 3 mA max

portata contatti: nc/no: 30 Vca-Vcc,1A
Grado di protezione IP:IP 54
Temperatura di esercizio: -20°-+70°C
Umidità relativa senza condensa: fino a 95%

MODULO COMANDO SIRENE

completo di contenitore
comprende una uscita controllata per comando sirene,che possono essere configurate per produrre un suono continuo o intermittente ad intervalli di 1 secondo.
Sincronizzazione delle uscite nella modalità funzionamento intermittente.
completo di contenitore e isolatore di linea
led's di segnalazione stato
collegamento e alimentazione tramite loop
indirizzamento singolo o a gruppi
DATI TECNICI
alimentazione 17-28 Vdc
corrente assorbita: 4,5 mA max
massima corrente circuito sirene: 32Vcc,1A

Grado di protezione IP:IP 54
Temperatura di esercizio: -20°-+70°C
Umidità relativa senza condensa: fino a 95%

Unità di Alimentazione supplementare

Unità di alimentazione Completa di contenitore e Batteria al pb ermetica
Uscite di segnalazione open collector e n.1 uscita di allarme generale tramite relais con contatti puliti
DATI TECNICI
alimentazione 230 Vca + o- 10%,50-60Hz
corrente erogata: 1,5-2,5-5a IN BASE ALLE VERSIONI
Grado di protezione IP:IP 30
Temperatura di esercizio: --5°-+30°C
Classe isolamento:I
Conforme EN54-4
batterie allocabili: Alimentatore da 1,5A. 2x12V-3A
Alimentatore da 2,5A. 2x12V-7A
Alimentatore da 5A. 2x12V-17Ah

Pannello Allarme Ottico-acustico

Pannello ottico/acustico in contenitore termoplastico autoestinguente a led ad alta luminosità, collegamento a morsetti.Certificato CPD secondo UNI54-3

DATI TECNICI
corrente nominale 200mA @ 12 Vcc, 100mA @ 24 Vcc.
Certificato CPD secondo UNI54-3
IP54

4.10 Impianto antintrusione

Centrale antintrusione

Il sistema dovrà sostanzialmente costituito da una centrale di allarme da 16 ingressi supervisionati a doppio bilanciamento, espandibile fino a 512 zone.

La centrale si configura come l'unità di comando e controllo multifunzionale del sistema di protezione antintrusione e controllo degli accessi, ed è così costituita :

- Centrale in contenitore autoprotetto, tipo black-box
- Terminale principale di comando dotato di display alfanumerico e tastiera funzionale
- Elementi di indirizzamento multiplo atti ad interfacciare differenti tipologie di rivelatori
- Elementi di indirizzamento multiplo con uscite a relè locali, atti a realizzare attivazioni in campo (ad esempio sirene) ed eventuali interazioni a basso livello con altri sistemi
- Pannelli di comando principale od ausiliario a semplice operatività

La centrale od unità di comando e controllo dovrà risultare di elevata versatilità e di valida applicazione per sistemi di protezione contro le intrusioni per siti di medie e piccole dimensioni.

La centrale dovrà essere di tecnologia micro computer innovativa, con funzionamento real-time e con controllo continuo del gruppo di auto-alimentazione.

La tecnica di indirizzamento dei dispositivi in campo (rivelatori, lettori di tessere e terminali di comando e visualizzazione), che dovrà essere realizzabile attraverso l'utilizzo di elementi di indirizzamento dovrà consentire un minor dispendio nella stesura delle linee di collegamento dei vari dispositivi di sistema (rivelatori e terminali di comando e controllo) grazie alla disponibilità di:

- linea di segnalazione rivelatori per il collegamento di: elementi di indirizzamento e di terminali di comando e controllo e/o pannelli di operatività semplificata;
- bus di comunicazione universale per la connessione di terminali operativi, moduli di controllo varco e di comunicazione per sistemi host di centralizzazione locale e/o geografica.

La centrale, costituita da singola scheda, è del tipo a configurazione ad indirizzamento individuale e dovrà essere del tipo teleassistibile e telegestibile e garantire una flessibilità installativa, di programmazione e di gestione.

Le caratteristiche principali sono:

- Centrale a 16 ingressi doppiamente bilanciati / NC espandibili a 512
- Gestione di 32 gruppi, ciascuno suddiviso in 8 aree con 4 settori; - 256 codici utente ognuno di 6 cifre e/o inseritore di prossimità o telecomando radio
- Uscite a relè in centrale per allarme intrusione e allarme manomissione; - 16 uscite elettroniche, espandibili fino a 128 liberamente programmabili
- linee seriali RS485 per concentratori e tastiere
- Gestione di almeno 32 tastiere sullo stesso loop
- Collegamento fino a 8 inseritori a chiave per tastiera

La Programmazione dovrà essere parziale da tastiera e completa da PC in connessione diretta con browser specifico e/o remota

Dovrà essere possibile un collegamento in linea telefonica per trasmissioni digitali con protocollo Fast e Slow Format

Dovrà essere possibile una Teleassistenza via modem integrato V22bis a 2400 bps e le relative trasmissioni fonia e teleinterrogazione dovranno essere effettuate con scheda voce integrabile nella centrale stessa, con circa 1,30 minuti di messaggi preprogrammati e circa 3,30 minuti liberamente programmabili e suddivisibili in più messaggi

Dovrà essere possibile inserire un modulo opzionale GSM Dual Band con funzionalità di telecomando, teleinterrogazione via SMS, ed invio eventi via SMS comprensivi di dettagli autocomposti, capacità di invio di oltre 16000 SMS. Dovranno essere disponibili 24 numeri telefonici memorizzabili per invio messaggi in fonia ed SMS, a disposizione 2 numeri per allarmi digitali.

La centrale dovrà essere provvista di uscita per il collegamento di una stampante parallela generica. Dovrà inoltre avere una linea seriale RS232 per programmazione da PC e per collegamento a centralizzazioni secondo CEI 79-5, 79-6.

Dovranno essere previste le seguenti funzionalità:

- controllo varchi con comando apri porta
- avviso di promemoria per la verifica impianto
- test periodico degli ingressi, delle uscite e del combinatore
- autoapprendimento delle periferiche (tastiere e concentratori) dopo un reset totale;

Dovrà essere possibile memorizzare gli ultimi 1000 eventi.

Dovrà inoltre essere possibile avere la funzionalità di programmatore settimanale / annuale con 24 programmi e gestione festività e ora solare/legale.

La centrale dovrà essere Omologata EN50131 grado 3.

Dovrà essere predisposta ed idonea alla telegestione ed al telecontrollo su protocolli multistandard.

Dovrà avere un adeguato numero di codici utente, archivio delle posizioni di memoria degli eventi, unità di raccolta informazioni espansioni di campo.

Dispositivi di interfaccia utente quali tastiere di comando con display a LCD, per la gestione dell'impianto (inserimento, disinserimento, parzializzazione, consultazione della memoria ecc.). Programmatori orari settimanali telegestione e telecontrollo su protocollo multistandard per consentire l'identificazione dello specifico sensore e della zona in allarme.

Il sistema di alimentazione della centrale dovrà avere batterie tampone in grado di mantenere il funzionamento dell'impianto per 72h in caso di mancanza rete. Interfaccia hardware e software per collegamento a Personal Computer con funzioni di gestione e con generazione di video mappe interattive (opzionale).

I concentratori saranno dislocati a zone in ragione del numero e della posizione degli elementi periferici presenti in campo; è preferibile l'installazione in locali tecnici od in aree di servizio ad un'altezza dal piano di calpestio che non ne consenta l'accesso diretto.

La tastiera per il comando , la gestione e la programmazione della centrale antintrusione dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Display alfanumerico 2x16 caratteri retroilluminato con regolazione del
- contrasto e led di sistema;
- Accesso alla tastiera tramite codice a 4-6 cifre per 16 utenti diversi;
- Connessione a morsetto per: linea seriale RS485
- Protezione Tamper antiapertura e contro la rimozione;
- Temperatura di funzionamento da +5°C a +40°C;
- Alimentazione a 12 Vcc;
- Assorbimento 50mA a centrale disinserita, 90mA a centrale inserita, 150mA

I concentratori si dovranno configurare come naturale interfaccia dei rivelatori di intrusione e dovranno essere collegati alla centrale attraverso una linea bus. Il concentratore dovrà poter occupare una qualunque posizione sulla linea .

Allarmi e segnali di guasto relativi all'elemento od ai rivelatori di riferimento dovranno essere e trasmessi alla centrale che provvederà alla loro valutazione ed al trattamento per l'eventuale attivazione dei dispositivi d'allarme e la presentazione all'utente.

L'elemento di indirizzamento dovrà essere del tipo multiplo a 8 ingressi / 8 uscite in contenitore plastico e dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- 8 Ingressi con doppio bilanciamento a 1500 Ohm con selettori per altre tipologie di ingressi, collegabili anche ingressi NC previa programmazione in centrale;
- 8 Uscite elettroniche

- Ponticelli di selezione per definizione tipo di linea seriale, codice di identificazione, esclusione Tamper, funzione ripetizione, selezione tipologia di bilanciamento degli ingressi, terminazione di linea seriale, attivazione spie di controllo.
- Contenitore in ABS con antiapertura del coperchio;
- Lunghezza massima del collegamento 1000mt da centrale a ultimo concentratore;
- Temperatura di funzionamento: da -10°C a +50°C, 93% U.R.
- Alimentazione 12Vcc.

Il modulo di uscita a relè (opzionale) potrà essere utilizzato per la ripetizione di stati funzionali o di uscite programmabili di centrali e concentratori altri apparati.

Dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Modulo dotato di 8 relè con uscita a morsetto C-NA-NC, con portata di 1A@24Vcc;
- Temperatura di funzionamento da +5°C a +40°C;
- Assorbimento 120mA max. @ 12Vcc;
- Alimentazione 12Vcc;

Sensori volumetrici a doppia tecnologia

Sensore da soffitto Doppia Tecnologia MW+PIR a microprocessore, funzionamento AND/OR, dispositivo DRO e antenna planare, analisi segnale ambiente, funzione DNR, 3D e SAA, algoritmo di elaborazione del segnale ricevuto, diametro di copertura 8m ad un'altezza di installazione massima di 8mt, 19 zone sensibili disposte su 3 settori conici, lente con protezione dalla luce bianca, montaggio SMT. Dimensioni diametro 125 x P 39mm, Alimentazione 12Vcc.

combinatori GSM

Comunicatore telefonico GSM/PSTN teleinterrogabile e telecontrollabile, modulo GSM Dual Band integrato, compatibilità con schede SIM a 3V ricaricabili e in abbonamento VODAFONE, TIM, WIND. Combinatore dotato di 4 ingressi cablati espandibili a 8 con funzione Split, 8 ingressi via radio per sensori e telecomandi, 4 uscite O.C. di stato e 4 uscite O.C. programmabili e telecontrollabili, 1 uscita a relè programmabile, interfacce RS232 RS485, 16 numeri telefonici per comunicazioni in fonia/SMS, 2 numeri per comunicazioni digitali, più di 100 SMS autocomposti e 15 personalizzabili. Alimentazione 13,8Vcc. Conforme direttiva R&TTE 1999/05/CE.

Alimentatore in KIT 230Vac – 12Vcc (800mA) da installare all'interno del contenitore dei combinatori GSM, peso 590g.

4.11 Impianto trasmissione dati

Norme di riferimento

Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in cc,

Tutta la normativa specifica sulle apparecchiature e sui materiali utilizzati,

DECRETO LEGISLATIVO 26 ottobre 2010, n. 198 - Attuazione della direttiva 2008/63/CE relativa alla concorrenza sui mercati delle apparecchiature terminali di telecomunicazioni. (10G0219) (GU n. 280 del 30-11-2010) - Entrata in vigore del provvedimento: 15/12/2010

DPR 314/92 – Regolamento recante disposizioni di attuazione della legge 28 marzo 1991, n. 109, in materia di allacciamenti e collaudi degli impianti telefonici interni - in vigore fino ad emanazione del regolamento del D.Lgs. 198/2010;

EIA/TIA 568 ed ISO/IEC 11801.

Rete cablata strutturata

I cablaggi rientranti nel presente progetto, come definiti dagli standard EIA/TIA 568A ed ISO/IEC 11801, sono:

cablaggio di distribuzione orizzontale che partendo dall'armadio di zona raggiunge i posti di lavoro;
cablaggio di dorsale che nel caso specifico interconetterà l'armadio centro stella alla centrale telefonica.

La rete dovrà essere rispondente agli standard identificati dalla categoria 6, pertanto tutti i materiali impiegati saranno dotati di caratteristiche rispondenti a tale standard (patch-panel, patch-cord, prese terminali, accessori di connessione, ecc.).

Cablaggio di distribuzione orizzontale

La distribuzione orizzontale identifica quella parte di cablaggio che partendo da un armadio raggiunge il posto di lavoro.

Le normative per i cablaggi stabiliscono che il cablaggio orizzontale, denominato anche cablaggio di piano, risponda ai seguenti requisiti:

90 m di distanza massima ammessa tra il rack ed il posto lavoro;

10 m massimi a disposizione per i cavetti di patch.

Tutti i componenti passivi, quali: cavi UTP (doppino non schermato), cavetti di permutazione e prese RJ45, devono avere come minimo le caratteristiche di categoria 6.

Verranno accettati due schemi di collegamento dei cavi UTP, ma una volta scelto uno dei due, questo deve essere mantenuto sia dal lato placchetta utente che dal lato rack. Gli schemi di collegamento accettati sono EIA/TIA 568A oppure EIA/TIA 568B.

I cavetti di permutazione devono essere di categoria 6 ed è preferibile che siano del tipo precablato realizzato in fabbrica con processi produttivi che garantiscano il rispetto dei limiti di categoria 6. I cavetti di permutazione devono essere composti da conduttori da 24 AWG (specifica TIA/EIA 568A).

I cavi UTP, costituenti il cablaggio orizzontale, vanno identificati con una numerazione progressiva che deve essere presente alle due estremità del cavo.

Specifiche dei cavi UTP

Il cavo in rame richiesto è del tipo UTP (Unshielded Twisted Pair) le cui caratteristiche eccedano le caratteristiche minime previste dalla categoria 6.

La scelta di usare un cavo che ecceda le caratteristiche di categoria 6 permette di avere più margini sui valori di attenuazione e soprattutto sul NEXT (paradiafonia) e quindi è più facile compensare problemi d'installazione quali: parziale stiramento del cavo o segmenti di lunghezza leggermente superiore a 90 m.

Costruttivamente il cavo è a 4 coppie ritorte (twisted) costituite da conduttori di rame di tipo solido da 24 AWG. Il cavo usato dovrà essere tassativamente del tipo Halogen Free LSOH conforme alle norme CEI 20-37 parte I, II e III.

Ogni coppia sarà contraddistinta da differente colorazione dell'isolante secondo gli standard EIA/TIA 568A.

Cablaggio di dorsale

Il cablaggio di dorsale si suddivide in:

dorsale fonia;

dorsale dati.

Solo il primo tipo sarà considerato ai fini del presente progetto.

Dorsale fonia

La dorsale fonia sarà costituita da cavi multicoppie HLO da 100 7 e 24 AWG che saranno intestati alle due estremità, rispettivamente sui permutatori telefonici (lato rack) e ai morsetti di

connessione (lato centrale). I permutatori saranno collocati all'interno dell'armadio rack previsto. Il cavo previsto è da 20 coppie.

Specifiche sistema di permutazione

Il sistema di permutazione previsto è riferito al solo cablaggio orizzontale e alla dorsale fonia.

Permutazione cablaggio orizzontale e dorsale fonia

I cavi del cablaggio orizzontale e delle dorsali telefoniche devono essere terminati all'interno degli armadi su permutatori di tipo telefonico. In particolare, per quanto riguarda la permutazione dei cavi dati e fonia, si devono utilizzare testine di categoria 5e.

La terminazione meccanica sulle strisce deve essere del tipo IDC o KATT per permettere un cablaggio a festone, particolarmente utile, per esempio, nella realizzazione di BUS ISDN a livello di armadio di distribuzione.

Certificazione del cablaggio orizzontale

La certificazione dei doppini (UTP) di categoria 6, costituenti il cablaggio orizzontale, deve essere effettuata con strumenti da campo aventi un'accuratezza di livello II, come definito dallo standard americano EIA/TIA TSB67.

Con lo strumento sarà effettuato il test di LINK di classe D dello standard ISO/IEC 11801 ed i dati rilevati di attenuazione, Dual-NEXT (diafonia provata nei due versi) e ACR devono rientrare nei limiti previsti dallo standard della categoria 6.

I cavetti di permutazione usati per la certifica, devono essere di cat. 6 con conduttori da 24 AWG e con una lunghezza di 5 m ciascuno.

Dovrà essere fornita, infine, una documentazione dettagliata per ogni cavo dei valori rilevati in fase di certifica; si tenga presente che gli strumenti sono in grado di produrre un file stampabile che contiene i risultati delle misure effettuate.

Nel capitolato speciale s'inserirà una clausola che prevede che la Stazione Appaltante si riserverà il diritto di richiedere una verifica sul 10% delle certifiche effettuate, prese a campione, da effettuare in presenza del personale interno o esterno alla SA, qualificato per questa verifica. Si verificheranno le tratte più lunghe. Qualora i limiti non siano rispettati, l'appaltatore dovrà rifare le certifiche e intraprendere le necessarie azioni correttive. Successivamente verrà ripetuta la verifica sulla stessa percentuale delle certifiche totali.

Armadio di distribuzione passiva

L'armadio atto ad alloggiare la componentistica passiva per l'intestazione dei cavi in arrivo dall'utenza e dalle apparecchiature, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Verniciatura a caldo con polvere epossidica: RAL 7032;

Porta anteriore (trasparente) in metallo, con chiusura a chiave;

Pareti posteriori e laterali preferibilmente staccabili.

Dotato di prese a spina tipo UNEL (almeno 5 prese).

L'armadio deve soddisfare le esigenze delle utenze previste e garantire l'ampliamento di un numero di attestazioni di almeno il 10%.

L'armadio di distribuzione deve essere provvisto di un apposito vano per contenere la seguente documentazione:

lista di tutti i cavi di dorsale dei quali va documentato l'identificativo di cavo e l'identificativo dei due estremi a cui la tratta è terminata;

tabella delle permutazioni.

4.12 Impianto di terra e protezione dalle scariche atmosferiche

L'impianto di terra sarà realizzato come indicato nelle tavole progettuali allegate.

Al termine dei lavori, dopo aver effettuato la misura della resistenza di terra dell'impianto, si dovrà procedere alla verifica del coordinamento ed un eventuale integrazione dell'impianto di terra stesso.

Nei locali da bagno, qualora le tubazioni utilizzate fossero in materiale metallico, è richiesto un collegamento equipotenziale supplementare che colleghi tutte le masse estranee delle zone 1-2 e 3 con un conduttore di protezione, le cui giunzioni devono essere protette contro eventuali allentamenti o corrosioni.

Tutta la viteria e la bulloneria impiegata per realizzare i collegamenti di terra e tutti i materiali accessori saranno in rame o in acciaio inossidabile o zincato a caldo, le superfici di contatto se in rame dovranno essere stagnate o rinvivate e comunque sgrassate prima della giunzione. Per i collegamenti inglobati nelle strutture in calcestruzzo è consentito l'uso di saldature alluminotermiche, i capicorda per le terminazioni di conduttori cordati e i connettori per le giunzioni e per le derivazioni saranno del tipo a compressione in rame stagnato. Le piastre di misura equipotenziali dovranno essere alloggiate entro cassette incassate o comunque protette da coperchio rimovibile mediante uso di attrezzo. Tutti i punti accessibili connessi agli impianti di terra (scatole di ispezione, nodi di terra, piastre di misura equipotenziali, ecc.) dovranno riportare il segno grafico di messa a terra, i conduttori di protezione attestati alla sbarra dovranno essere muniti di contrassegno tale da consentire di risalire agevolmente alla loro provenienza, le marcature saranno conformi all'art. 3 delle Norme CEI 16-7 e saranno di tipo ad anelli o tubetti porta-etichette ovvero tubetti presiglati di tipo termorestringente. Non saranno ammesse identificazioni dei cavi mediante scritte effettuate a mano su etichette o sulle guaine dei cavi stessi; all'interno della cassetta di contenimento dovrà trovare posto lo schema dettagliato di tutte le connessioni relative al nodo equipotenziale con riportata la tabella relativa alle sigle dei cavi e la loro destinazione.

IMPIANTI MECCANICI

SOMMARIO

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | OGGETTO DELL'APPALTO E NORME GENERALI | 203 |
| 1.1 | OGGETTO DELL'APPALTO | 203 |
| 1.2 | DESCRIZIONE DELLE OPERE | 203 |
| 1.3 | ONERI ED OBBLIGHI DELLE DITTE - ASSISTENZE MURARIE | 204 |
| 1.3.1 | <i>Specifica delle opere murarie.....</i> | <i>205</i> |
| 1.4 | NORME DI MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPIANTI | 206 |
| 1.4.1 | <i>Impianti termomeccanici</i> | <i>206</i> |
| 1.5 | LIVELLO DI QUALITÀ DEI MATERIALI - MARCHE DI RIFERIMENTO | 207 |
| 1.6 | SCELTA ED APPROVAZIONE DEI MATERIALI DA PARTE DELLA DL | 208 |
| 1.7 | CAMPIONATURA APPARECCHIATURE | 209 |
| 1.8 | DISEGNI DI CANTIERE E DI MONTAGGIO | 209 |
| 1.9 | VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI - COLLAUDO APPARECCHIATURE E IMPIANTI..... | 210 |
| 1.9.1 | <i>Verifiche e prove preliminari</i> | <i>210</i> |
| 1.9.2 | <i>Prove e collaudi.....</i> | <i>210</i> |
| 1.9.3 | <i>Attività di avviamento e taratura</i> | <i>210</i> |
| 1.9.4 | <i>Prove in cantiere sugli impianti eseguiti</i> | <i>212</i> |
| 1.10 | DISEGNI DEFINITIVI IMPIANTI - MATERIALE ILLUSTRATIVO - MANUALE ED ISTRUZIONI | 214 |
| 1.11 | CARATTERISTICHE E CONTENUTI DEL PIANO DI MANUTENZIONE..... | 215 |
| 2 | CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI E NORME DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI..... | 216 |
| 3 | DISCIPLINARE PRESTAZIONALE DEI MATERIALI - MODALITA' DI INSTALLAZIONE..... | 216 |
| 3.1 | IMPIANTI TERMO FRIGORIFERI DI CENTRALE..... | 216 |
| 3.1.1 | <i>Gruppi frigoriferi ad espansione diretta a portata variabile di refrigerante.....</i> | <i>216</i> |
| 3.1.1.1 | <i>norme di riferimento e certificazioni.....</i> | <i>217</i> |
| 3.1.1.2 | <i>posa in opera</i> | <i>218</i> |
| 3.1.1.3 | <i>verifiche di accettazione e di collaudo in cantiere</i> | <i>218</i> |
| 3.2 | IMPIANTI PER IL TRATTAMENTO E LA DIFFUSIONE DELL'ARIA | 220 |
| 3.2.1 | <i>Ventilatori centrifughi a parete</i> | <i>220</i> |
| 3.2.1.1 | <i>norme di riferimento e certificazioni.....</i> | <i>221</i> |
| 3.2.1.2 | <i>posa in opera</i> | <i>221</i> |
| 3.2.1.3 | <i>verifiche di accettazione e di collaudo in cantiere</i> | <i>221</i> |
| 3.3 | TUBAZIONI - ISOLAMENTO | 221 |
| 3.3.1 | <i>Protezione contro le corrosioni</i> | <i>221</i> |
| 3.3.2 | <i>In acciaio nero.....</i> | <i>222</i> |
| 3.3.3 | <i>In acciaio zincato.....</i> | <i>224</i> |
| 3.3.4 | <i>In acciaio zincato jutato e bitumato</i> | <i>225</i> |

| | | |
|----------|---|-----|
| 3.3.5 | <i>In acciaio inossidabile</i> | 226 |
| 3.3.6 | <i>Tubazione in rame ricotto 99.9 DHP - UNI EN 1057</i> | 226 |
| 3.3.7 | <i>Tubazione in rame PER FLUIDI FRIGORIGENI – UNI EN 12735-1</i> | 226 |
| 3.3.8 | <i>In polietilene reticolato ad alto grado di reticolazione</i> | 227 |
| 3.3.9 | <i>In PVC per fluidi in pressione</i> | 227 |
| 3.3.10 | <i>In polietilene per fluidi in pressione</i> | 228 |
| 3.3.11 | <i>In polietilene (per scarichi)</i> | 228 |
| 3.3.12 | <i>In polipropilene fonoisolante</i> | 228 |
| 3.3.13 | <i>In acciaio dolce mannesman pressfitting</i> | 228 |
| 3.3.14 | <i>Isolamenti</i> | 228 |
| 3.3.14.1 | <i>Certificazioni</i> | 230 |
| 3.3.14.2 | <i>Posa in opera</i> | 230 |
| 3.3.14.3 | <i>Verifiche e collaudi in cantiere</i> | 230 |
| 3.3.14.4 | <i>Certificazioni</i> | 231 |
| 3.3.14.5 | <i>Posa in opera</i> | 231 |
| 3.3.14.6 | <i>Verifiche e collaudi in cantiere</i> | 231 |
| 3.4 | MENSOLAME PER CANALI E TUBAZIONI – PRESCRIZIONI ANTISISMICHE | 231 |
| 3.4.1 | <i>generalità</i> | 231 |
| 3.5 | VALVOLAME ED ACCESSORI DI LINEA | 232 |
| 3.5.1 | <i>Valvolame di intercettazione e di ritegno</i> | 232 |
| 3.5.2 | <i>Radiatori elettrici ad elementi tubolari monoblocco tipo arredobagno</i> | 233 |
| 3.6 | SISTEMI DI SOLLEVAMENTO | 233 |
| 3.6.1 | <i>Elettropompe sommerse per acque di rifiuto</i> | 233 |
| 3.6.1.1 | <i>norme di riferimento e certificazioni</i> | 234 |
| 3.6.1.2 | <i>posa in opera</i> | 234 |
| 3.6.1.3 | <i>verifiche di accettazione e di collaudo in cantiere</i> | 235 |
| 3.7 | APPARECCHIATURE DI CONTROLLO, SICUREZZA E REGOLAZIONE | 235 |
| 3.7.1 | <i>Apparecchiature di controllo</i> | 235 |
| 3.7.2 | <i>Apparecchiature di sicurezza</i> | 236 |
| 3.8 | ATTREZZATURE ANTINCENDIO | 237 |
| 3.8.1 | <i>Estintore</i> | 237 |
| 3.8.2 | <i>Cassetta antincendio completa</i> | 237 |
| 3.8.3 | <i>Cassetta portanaspo completa</i> | 238 |
| 3.8.4 | <i>Idrante UNI 70 completo</i> | 238 |
| 3.9 | APPARECCHI SANITARI – RUBINETTERIA – ACCESSORI | 238 |
| 3.9.1 | <i>Apparecchi sanitari</i> | 238 |
| 3.9.2 | <i>rubinetti sanitari</i> | 239 |

1 OGGETTO DELL'APPALTO E NORME GENERALI

1.1 Oggetto dell'appalto

L'Appalto ha per oggetto la fornitura, l'esecuzione, la messa a punto, la messa a norma ed il collaudo di tutte le opere e provviste di materiali occorrenti per gli impianti meccanici descritti nel presente documento, che fanno parte integrante del Progetto Esecutivo e che saranno realizzati alla Ditta Appaltatrice.

I nuovi impianti e le relative apparecchiature dovranno essere forniti completamente ultimati, eseguiti secondo la buona regola dell'arte, la normativa tecnica e le prescrizioni del presente documento, nonché perfettamente funzionanti.

Il presente documento riguarda quindi le opere necessarie per la realizzazione degli impianti meccanici previsti nell'abito dell'intervento di restauro ed, del complesso storico costituito dalla Villa Loredan a Stra (VE)

Gli impianti meccanici, speciali ed affini rientranti nell'intervento si possono così elencare:

IMPIANTI MECCANICI

- Centrale climatizzazione VRV
- reti di distribuzione
- elementi terminali di diffusione e di scambio
- impianto idrico-sanitario
- apparecchi sanitari
- impianto antincendio

L'appalto comprende tutto quanto necessario, anche in via accessoria e complementare, nulla escluso o eccettuato, per la completa realizzazione a perfetta regola d'arte, secondo le specifiche di progetto, le istruzioni della DL, usando comunque materiali di prima scelta, nel tempo totale complessivo e nei tempi parziali previsti dal Capitolato Speciale, di quanto indicato nel progetto, nella Relazione Tecnica e/o Illustrativa e negli altri allegati, ivi compresi i documenti per la sicurezza.

L'Appaltatore per il solo fatto di sottoscrivere il Contratto d'Appalto, riconosce di aver ricevuto gli elementi necessari per la piena identificazione dell'oggetto dell'appalto.

Qualora, durante la progettazione di cantiere o di officina, o durante le fasi preliminari di predisposizione dei lavori, l'Appaltatore si rendesse conto della mancanza nel progetto di alcuni dettagli essenziali o si rendesse conto che alcuni dettami progettuali non sono compatibili con l'esecuzione a perfetta regola d'arte, egli dovrà tempestivamente informare la DL con la quale verranno concordate, se necessarie, le opportune varianti o messe a punto progettuali. Se ciò non avverrà prima della fine della progettazione di cantiere (di cui si tratterà successivamente) si intende che l'Appaltatore non ha obiezione alcuna.

In ogni caso l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun indennizzo per dette varianti o messe a punto progettuali, in quanto il medesimo si è impegnato a fornire l'opera commissionata, completa ed eseguita a regola d'arte.

L'Appaltatore non avrà diritto ad alcun indennizzo qualora il Committente, a suo insindacabile giudizio, decida di stralciare delle opere o parti di opera dal presente progetto.

1.2 Descrizione delle opere

Al fine di meglio precisare la tipologia degli impianti ed i requisiti richiesti dalla Committente, le opere che formano oggetto dell'appalto risultano descritte nella Relazione Tecnica Illustrativa allegata al presente Capitolato di cui è parte integrante.

Per quanto concerne le modalità di esecuzione e le specifiche tecniche delle varie apparecchiature si farà riferimento rispettivamente agli articoli successivi del presente Capitolato ed all'Elenco Prezzi Unitari o Elenco Descrittivo Voci ad esso allegato.

1.3 Oneri ed obblighi delle Ditte - assistenze murarie

- La programmazione: la Ditta nello svolgimento dei propri lavori è tenuta ad adattare i propri tempi di lavoro e/o fornitura a quanto previsto dal programma generale e dal programma di dettaglio predisposto dall'Impresa Generale.
- La Ditta, per il solo fatto di sottoscrivere il Contratto d'Appalto, dichiara di conoscere gli anzidetti programmi e di poter ad essi adeguare i propri tempi di lavoro e/o fornitura.
- Immediatamente dopo l'assegnazione dell'appalto la Ditta elaborerà, nel rispetto dei programmi anzidetti, il proprio programma di dettaglio dei lavori, che metterà a punto con l'Impresa Generale con la collaborazione e l'accordo della DL, tenendo conto delle esigenze di tutti gli altri Appaltatori coinvolti.
- Ogni deficienza od inerzia o esigenza non realistica della Ditta o delle altre parti potrà essere superata da determinazioni della DL, che ne comunicherà il contenuto alle medesime; ove queste avessero obiezioni dovranno muoverle per iscritto entro 5 giorni naturali, in mancanza di che le determinazioni della DL si intenderanno accettate; ove venissero mosse obiezioni che risultassero non superabili nè compatibili con l'avanzamento dei lavori, la Committente si riserva il diritto di risolvere il contratto. Il programma dovrà essere aggiornato ogni qual volta sia necessario e comunque ad ogni richiesta dell'Impresa Generale o della Direzione Lavori.
- Anche per l'aggiornamento varrà quanto stabilito per l'elaborazione del programma così come detto al terzo e quarto capoverso del presente paragrafo.
- La Direzione Lavori, inoltre, potrà rifiutarsi di inoltrare lo stato d'avanzamento in mancanza dell'aggiornamento del programma.
- La Ditta prende atto ed esplicitamente accetta che, in relazione alla complessità delle opere, i suoi interventi possano subire degli spostamenti nel tempo e delle variazioni di durata, rispetto a quanto previsto nei programmi iniziali accettati ed elaborati.
- La Ditta si impegna comunque ad adeguare sempre le proprie attività in cantiere alle effettive esigenze ed al reale sviluppo dei lavori senza richiedere compensi extra o danni di sorta, salvo la possibilità di ricorrere alla decisione della DL nel caso sia danneggiata da altri ritardi particolarmente gravi.
- Per le stesse ragioni la Ditta riconosce che, in caso di proprio ritardo grave, essa potrà trovarsi obbligata a corrispondere non solo le penali previste dal Capitolato Speciale, ma anche i danni arrecati alla Committente ed agli altri Appaltatori e ciò secondo le decisioni della DL salvo facoltà di adire ad arbitrato.
- La programmazione minuta quotidiana delle assistenze: la Ditta riconosce la necessità ed il diritto dell'Impresa Generale di programmare e coordinare con un ragionevole anticipo l'impiego dei mezzi di cantiere e la fornitura delle assistenze edili alle diverse Ditte. Di conseguenza la Ditta riconosce ed accetta di partecipare obbligatoriamente e fattivamente alle riunioni periodiche di cantiere.
- **La pulizia:** quotidianamente la Ditta raccoglierà i propri materiali residui e rifiuti e li depositerà nel punto che sarà stato indicato dall'Impresa Generale; da tale punto in poi l'onere e la responsabilità dello sgombero di rifiuti non faranno più carico alla Ditta.
- Alla fine del lavoro la Ditta consegnerà i propri manufatti perfettamente puliti e rimuoverà dalle zone circostanti ogni residuo di propri materiali o di detriti da lei stessa prodotti.
- Sia per le pulizie quotidiane che per la pulizia finale, la DL avrà la facoltà, dopo preavviso di 24 ore, di chiedere l'intervento dell'Impresa o di imprese specializzate addebitando il relativo costo all'Appaltatore inadempiente.
- **Le pratiche:** ove necessarie, sono a carico della Ditta l'espletamento di tutte le pratiche di competenza ed il pagamento degli oneri per richiedere ai VVF e all'INAIL (ex Ispesl), all'USL (ex ENPI) ed eventuali altri Enti aventi giurisdizione, l'approvazione del progetto e al termine dei lavori i relativi certificati di collaudo. Tutte le pratiche dovranno essere inoltrate ed avviate tempestivamente, prima dell'ultimazione dei lavori.
- E' a carico anche la compilazione del libretto di centrale o di caldaia con tutte le indicazioni relative alla messa in funzione dell'impianto. Tutte le eventuali modifiche o aggiunte che dovessero essere fatte agli impianti per ottemperare alle prescrizioni degli enti preposti, o comunque per rendere gli impianti assolutamente conformi alla normativa vigente, saranno completamente a carico della Ditta che, al riguardo, non potrà avanzare alcuna pretesa di indennizzo o di maggior compenso, ma anzi dovrà

provvedere ad eseguirle con la massima sollecitudine, anche se nel frattempo fosse già stato emesso il certificato di ultimazione dei lavori.

- **Le assistenze murarie accessorie agli impianti:** nonchè le opere di fissaggio a mezzo di tasselli o di bulloni ad espansione di staffe, mensole, tubazioni, passerelle, canaline e cavidotti elettrici e di quant'altro pertinente agli impianti stessi sono remunerate con il prezzo degli impianti stessi. Restano escluse e quindi a carico della Committente le eventuali opere murarie interessanti le strutture portanti dell'edificio come meglio specificato dall'articolo successivo.
- La Ditta dovrà peraltro fornire alla Committente i disegni esecutivi delle stesse con un congruo anticipo rispetto ai termini previsti per i lavori. La Ditta inoltre dovrà dare tutta la necessaria assistenza tecnica sul posto in quanto sarà pienamente responsabile dell'idoneità delle opere di cui al presente punto, alla corretta installazione degli impianti ed al loro funzionamento.
- In particolare, per quanto riguarda la formazione dei basamenti, la Ditta dovrà dare tutte le opportune disposizioni su provvedimenti da adottare contro la trasmissione di rumorosità e vibrazioni dovute alle apparecchiature da installare.
- **Verifiche preliminari:** la Ditta installatrice dovrà sempre e comunque verificare, misurare ed acquisire i dati relativi alle caratteristiche idrauliche ed aerauliche degli apparecchi utilizzatori installati o da installare in campo; sulla scorta dei dati effettivi saranno scelti e/o confermati i sistemi di pompaggio, di regolazione e di protezione. In linea generale, prima dello svolgimento dei lavori l'impresa dovrà concordare con la DL, sulla base delle caratteristiche tecniche e dimensionali delle specifiche apparecchiature adottate nell'esecuzione dei lavori, gli eventuali aggiornamenti di dettaglio agli elaborati di progetto, provvedendo, se del caso, alle verifiche ed integrazioni necessarie (cfr. art.15 punto 3 - DPR. 554/99), nonché alla rideterminazione costruttiva delle caratteristiche dei sistemi di pompaggio e di ventilazione. La Ditta dovrà inoltre verificare e coordinare l'eventuale interferenza con altre tipologie di impianti, quali ad esempio: canalizzazioni elettriche, apparecchi illuminanti, tubazioni in genere, rivelatori di incendio, diffusori di suono.
- **Interventi:** in ore straordinarie e/o festive che sono necessari per l'esecuzione di lavori inderogabili o dipendenti da fattori contingenti, quali ad esempio: interruzioni di servizi per allacciamenti idrici, del gas ed elettrici, necessità di assicurare la continuità di altre opere, la necessità di non interrompere le attività lavorative svolte nei luoghi, ecc.)

Resta inteso, inoltre, che sono compresi e compensati con i prezzi dell'appalto tutte le lavorazioni necessarie per lo spostamento di eventuali sottoservizi rinvenuti durante le operazioni di scavo. Restano a totale carico della ditta, quindi, i lavori e le forniture per il riporto alla luce di detti sottoservizi, i rapporti eventuali con le società erogatrici di servizi quali acqua, energia elettrica, gas, ecc, il concordamento delle modalità di spostamento di detti sottoservizi e le lavorazioni per risolvere interferenze con le lavorazioni rientranti nell'appalto.

1.3.1 Specifica delle opere murarie

- Per opere murarie interessanti le strutture portanti dell'edificio ed escluse dagli oneri dell'appalto si intendono ad esempio:
 - scavi in terreno fondazionale;
 - getti di fondazioni o di basamenti in cemento armato;
 - esecuzione di solai portanti o rinforzo di quelli esistenti;
 - apertura di passaggi in solai e/o murature portanti che richiedano rinforzi, architravi od altre opere di consolidamento delle strutture stesse;
 - aperture in solai di copertura, tetti o terrazze che interessino i manti di protezione e di isolamento termo-acustico.
- Per opere di assistenza muraria incluse negli oneri dell'appalto si intendono tutte indistintamente le altre opere che esulano da quelle di cui al precedente punto 1) quali ad esempio:
 - immurazione di mensole, tiranti, staffe, ecc. e fori nelle murature e nei solai per l'attraversamento con tubazioni, canalizzazioni, e/o cavi elettrici, protezioni di tubazioni a pavimento con adatta malta;

- fissaggio di bulloni ad espansione o tasselli;
- apertura e chiusura di tracce, di cunicoli a pavimento e riquadrature di asole o fori passanti a pavimento al finito delle parti manomesse (rasature, piastrellature e pitturazioni escluse);
- lievo di controsoffitti o di pavimenti mobili per il passaggio di tubazioni, canalette, cavi, ecc. e loro ripristino;
- lievo/riposizionamento, adattamento e foratura di controsoffitti, anche a doghe metalliche, con adeguata attrezzatura, per l'installazione apparecchiature varie;
- immurazione di spezzoni di tubi negli attraversamenti o controtubi per l'infilaggio di tubazioni, cavi, funi, ecc.

1.4 Norme di misurazione e valutazione degli impianti

1.4.1 Impianti termomeccanici

- **Elementi puntuali:** le apparecchiature (ventilconvettori, elettropompe, ventilatori, ecc.), gli organi di intercettazione, regolazione e controllo ed in genere tutti i componenti singolarmente identificabili verranno computati a numero, secondo le diverse tipologie e dimensioni; il relativo prezzo contrattuale si intende remunerativo anche per l'installazione e l'eventuale allacciamento alle reti esistenti di alimentazione elettrica, idrica o di scarico.
- **Tubazioni:** le quantità delle tubazioni metalliche verranno espresse generalmente in chilogrammi, ottenuti moltiplicando lo sviluppo lineare delle tubazioni per i pesi unitari (per metro) desunti dalle rispettive tabelle di unificazione. Per alcuni tipi di tubazioni (ad esempio tubazioni di plastica o tubazioni preisolate o simili) le quantità potranno essere espresse in metri, suddivise per diametri.
- In ogni caso non possono costituire maggiorazione di quantità (a meno di esplicite indicazioni contenute nell'elenco prezzi unitari allegato), ma devono venir conteggiati esclusivamente nel prezzo unitario per metro o per chilo di tubo, i seguenti oneri:
 - costo di giunzioni, raccordi, pezzi speciali;
 - costo di materiali di consumo di qualsiasi tipo;
 - verniciatura antiruggine per le tubazioni nere;
 - costo di supporti e sostegni (completi di verniciatura antiruggine) e degli ancoraggi;
 - oneri per scarti e sfridi;
 - costo di colorazione per l'identificazione delle tubazioni;
 - costo dei giunti di dilatazione;
 - oneri per quant'altro necessario anche se non menzionato;
- **Canalizzazioni:** le quantità delle canalizzazioni metalliche verranno espresse in chilogrammi derivati dallo sviluppo delle superfici secondo le modalità seguenti:
 - per i canali di sezione rettangolare si misura la lunghezza dei percorsi in asse, e si valuta il peso complessivo in base allo sviluppo in piano del perimetro della sezione retta, aumentato di 0.15 m, per tener conto delle ribordature, ed in base al peso per unità di superficie della lamiera (relativo agli spessori prescritti nel presente capitolato). Per i canali flangiati si terrà conto del peso delle flange aumentando i pesi, come sopra calcolati, di una percentuale del 15%;
 - per i canali di sezione circolare si misura la lunghezza dei percorsi in asse, si calcola la circonferenza in base al diametro nominale del canale, aumentato del 5% per tenere conto della ribordatura e si valuta il peso complessivo in base al peso per unità di superficie della lamiera (relativo agli spessori prescritti nel presente capitolato);
 - per i canali flessibili si valutano le lunghezze lungo l'asse, suddivise per diametro e per tipo di materiale.
- In ogni caso non possono costituire maggiorazione di quantità (a meno di esplicite indicazioni contenute nell'elenco prezzi unitari allegato), ma saranno conteggiati esclusivamente nel prezzo unitario in opera per chilo o per metro di canale i seguenti oneri:
 - oneri per sfridi di lavorazione;
 - costo per materiali di consumo di qualsiasi tipo;
 - costo per supporti ed ancoraggi;

- costo dei materiali di tenuta, e delle fascette stringi tubo;
 - costo dei manicotti di raccordo, giunzioni, curve e altri pezzi speciali;
 - costo per la colorazione di identificazione;
 - oneri per quant'altro necessario anche se non menzionato.
- **Isolamenti:** gli isolamenti vengono misurati a superficie e/o a metro lineare, secondo il tipo, intendendosi per superficie quella esterna risultante dallo sviluppo dell'elemento isolato con lo spessore prescritto; la valutazione viene eseguita in base alle quantità reali di materiali in opera (cioè senza alcuna maggiorazione per sfridi o altro); non sono ammesse le voci sfridi, scarti, materiali di consumo, pezzi speciali, ecc.: tali oneri si intendono compresi nel prezzo unitario in opera.
 - **Radiatori:** le quantità relative ai radiatori verranno espresse in Watt erogati in condizioni UNI, ottenuti moltiplicando il numero degli elementi installati, suddivisi per ciascun tipo diverso, per la rispettiva resa in condizioni UNI che dovrà risultare da certificazione rilasciata da laboratorio autorizzato
 - in ogni caso non possono costituire maggiorazione di quantità (a meno di esplicite indicazioni contenute nell'elenco prezzi unitari, allegato, ma devono venir conteggiati esclusivamente nel prezzo unitario in opera i seguenti oneri:
 - costo di nipples, raccordi, pezzi speciali;
 - costo di materiali di consumo di qualsiasi tipo;
 - verniciatura antiruggine e finitura con due mani di vernice in colore a scelta della D;
 - costo di supporti e sostegni (completi di verniciatura antiruggine e finitura);
 - oneri per scarti e sfridi.

1.5 Livello di qualità dei materiali - marche di riferimento

L'utilizzo dei materiali e delle apparecchiature è sempre sottoposto all'approvazione e all'accettazione della DL.

L'Appaltatore, in sede di presentazione del progetto esecutivo (verifica costruttiva) o comunque prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare alla DL per approvazione, l'elenco delle marche e dei modelli corredato di schede e specifiche tecniche. Le caratteristiche tecniche dei prodotti proposti saranno valutate dalla DL tramite l'esame della documentazione tecnica che verrà fornita dalla Ditta contestualmente alla formulazione delle proposte; sulla base di tali elementi verrà formalizzata la relativa approvazione.

I materiali, la posa in opera e in generale tutti gli impianti saranno uniformi alle prescrizioni derivanti dal presente capitolato tecnico, dal capitolato speciale d'appalto, dall'elenco prezzi unitari e dall'insieme degli elaborati progettuali, ferma restando l'osservanza delle norme di legge, dell'UNI, del CEI.

L'impresa dovrà fornire materiali corredati di marchio UNI, CEI, CE (laddove sia previsto) o di Marchio Italiano di Qualità. Viene richiamata la necessità di rispondenza alle prescrizioni delle direttive specifiche di settore, in particolare:

- Regolamento 305/11/CE CPR CEE - (Prodotti da costruzione) e abrogazione Direttiva 89/106/CE
- Direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione, s.m.i. e relativo regolamento di attuazione
- Direttiva 2006/42/CE "Macchine"

L'accettazione dei materiali da parte della DL, non esonera l'Appaltatore dalla responsabilità sull'esecuzione dei lavori, sulla rispondenza delle opere eseguiti agli accordi contrattuali, ai progetti approvati e al buon funzionamento delle opere e degli impianti.

Inoltre la DL si riserva la facoltà di rifiutare quei materiali o componenti o macchinari che, anche se già posti in opera, non abbiano ricevuto la previa approvazione di cui sopra, o per i quali, pur se già approvati ed anche eventualmente posti in opera, si verificasse che non rispondono appieno alle pattuizioni contrattuali o infine che siano comunque dalla DL ritenuti per qualità, lavorazione o altro, non adatti alla perfetta riuscita del lavoro (e quindi non accettabili).

In questo caso la DL potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinarne la sostituzione con altri rispondenti appieno, con tutte le spese di sostituzione a carico dell'Appaltatore (compresi anche smontaggio e rimontaggio), oppure operare all'Appaltatore una congrua riduzione di prezzo.

Qualora nel corso dei lavori la normativa tecnica fosse oggetto di revisione, la Ditta è tenuta a darne immediato avviso alla DL e a concordare quindi le modifiche per l'adeguamento degli impianti alle nuove

prescrizioni.

Si indicano nel seguito alcune marche delle apparecchiature principali che si ritengono rispondenti alle caratteristiche tecniche elencate, allo standard qualitativo richiesto ed alle esigenze del Committente, tale elenco serve comunque per fissare il livello minimo qualitativo degli impianti che dovranno essere realizzati.

La Ditta è libera di scegliere nell'ambito delle marche elencate, in quanto esse saranno comunque approvate dalla DL, salvo approvazione ulteriore degli specifici articoli appartenenti alla marca prescelta.

La Ditta è altresì libera di offrire marche diverse da quelle elencate, che saranno però soggette all'approvazione della DL, che potrà accettarle o rifiutarle qualora non le ritenga, a suo giudizio, di caratteristiche tecnico-funzionali adeguate.

Prima dello svolgimento dei lavori l'impresa dovrà concordare con la DL, sulla base delle caratteristiche tecniche e dimensionali delle specifiche apparecchiature adottate nell'esecuzione dei lavori, gli eventuali aggiornamenti di dettaglio agli elaborati di progetto, provvedendo, se del caso, alle verifiche ed integrazioni necessarie (cfr. art.15 punto 3 - DPR. 554/99). In particolare dovranno venire predisposti i necessari elaborati di calcolo (revisione di quelli di progetto) relativi al corretto accoppiamento tra le pompe di circolazione ed i circuiti e terminali di scambio, nonché tra le CTA ed i circuiti e terminali di diffusione.

| Tabella Marche di riferimento | |
|--|--|
| Sistemi ad espansione diretta | LG - MISTUBISHI – DAIKIN |
| Estrattori d'aria | VORTICE – FLAKT WOODS – SOLER & PALAU |
| Tubazioni in acciaio nero/zincato/inox | A MARCHIO UNI |
| Tubazioni inox giuntate | MANNESMANN PRESFITTING – MAPRESS |
| Ventilconvettori | ECOVENTIL – CARRIER – AERMEC – TRANE – AERNOVA |
| Tubazioni in Pead | GEBERIT – VONROLL – PLASTISTAMP |
| Tubazioni in rame | A MARCHIO UNI |
| Isolamento tubazioni in elastomero | ARMAFLEX – KAIMANFLEX |
| Isolamento tubazioni in lana di vetro | ISOVER – VIF |
| Trattamento acque | CILLICHEMIE – CULLIGAN - JUDO |
| Valvole a sfera | EFFEBI – PETTINAROLI – CIMBERIO |
| Valvolame vario per impianto termico | CAZZANIGA – GIACOMINI – CALEFFI |
| Valvolame in ghisa | KSB – SPIRAX JUCKER – ARI EURO WEDI |
| Valvole di taratura | CAZZANIGA – CALEFFI – OVERTROP |
| Sanitari | IDEAL STANDARD – POZZI GINORI – DOLOMITE |
| Sanitari per portatori di handicap | DOLOMITE - BOCCHI – INNERHOFER |
| Rubinetteria | IDEAL STANDARD – FRIEDRICH GROHE – RAF |
| Rubinetteria per portatori di handicap | BOCCHI – INNERHOFER – RAF |
| Apparecchiature antincendio | GHELLER – BOCCIONE – BERGAMASCHI |

1.6 Scelta ed approvazione dei materiali da parte della DL

ENTRO DIECI GIORNI dopo la consegna dei lavori la Ditta dovrà sottoporre ad approvazione della DL le marche ed i modelli delle apparecchiature, nonché dei componenti da impiegare.

I risultati delle scelte verranno regolarmente verbalizzati e saranno vincolanti per la Ditta.

Successivamente, prima della posa in opera, i materiali dovranno essere campionati ed accettati dalla DL, in cantiere.

L'approvazione dei materiali non esonera però la Ditta dalle responsabilità inerenti a difetti e a cattivo funzionamento che dovessero riscontrarsi durante l'esecuzione dei lavori o all'atto del collaudo.

Qualora la DL rifiuti dei materiali, ancorché messi in opera, perché essa a suo giudizio insindacabile li ritiene per qualità, lavorazione e funzionamento non adatti alla perfetta riuscita degli impianti e quindi non

accettabili, la Ditta dovrà immediatamente, a sua cura e spese, allontanare dal cantiere i materiali stessi e sostituirli con altri che soddisfino alle condizioni prescritte.

1.7 Campionatura apparecchiature

Il Committente e la DL, si riservano di richiedere durante il corso dei lavori una campionatura dei materiali e delle apparecchiature elettriche da installare, prima della loro posa in opera.

Inoltre per alcune apparecchiature specifiche dovranno essere realizzati dei prototipi, in base alle indicazioni che saranno fornite in sede di DL,

In particolare si stabilisce sin d'ora che dovranno essere realizzate le seguenti campionature:

- elementi terminali di scambio e diffusione;
- tubazioni;
- isolamenti;
- valvolame;
- supporti;
- apparecchi sanitari ed accessori;
- apparecchi illuminanti;
- cavidotti, completi di staffe di fissaggio, ecc;
- sistemi di distribuzione a pavimento;
- prese e quadretti di utilizzazione.

1.8 Disegni di cantiere e di montaggio

ENTRO DIECI GIORNI dopo la consegna dei lavori la Ditta dovrà presentare alla DL, per approvazione i disegni di cantierizzazione relativi all'installazione dei vari componenti e apparecchiature, completi di particolari di montaggio, con la posizione precisa delle varie apparecchiature, gli ingombri, ecc.

Questa attività di cantierizzazione viene svolta sulla base dei disposti dell' art.15 punto 4 - DPR. 207/2010 e la determinazione 31 gennaio 200, n. 4 dell'A.V.LL.PP. Essa costituisce attività integrativa al progetto esecutivo, finalizzata alla redazione degli elaborati grafici, di calcolo, piani di approvvigionamento e operativi per coniugare le esigenze progettuali con quelle di realizzazione delle opere, nel rispetto dell'autonomia imprenditoriale dell'esecutore, libero di approvvigionare specifici marchi, esclusivamente rispondenti alle caratteristiche prestazionali di progetto.

Parte dei disegni, se la Ditta lo riterrà opportuno, saranno quelli di progetto, eventualmente riveduti, corretti e integrati con le modifiche concordate con la DL, o che la Ditta ritenga di adottare per una migliore riuscita del lavoro.

E' a carico della Ditta la verifica della compatibilità degli impianti a proprio carico con quelli eseguiti o da eseguire a cura di altre Ditte (in particolare quelli termoidrosanitari, di riscaldamento e di condizionamento).

E' fatto assoluto divieto alla Ditta di intraprendere l'esecuzione di un'opera, se non approvata esplicitamente dalla DL dopo presentazione di elaborati grafici, da cui sia possibile dedurre la consistenza e le modalità esecutive.

In particolare i disegni dovranno comprendere almeno:

- piante con la disposizione delle apparecchiature relative ai vari impianti (scala 1:100 e 1:50);
- percorsi canalizzazioni e tubazioni, con sezioni tipo e particolari di ancoraggio e sospensione (scala 1:10);
- particolari tipo dell'esecuzione degli impianti (scala 1:20);
- tabelle riportanti le specifiche tecniche dei principali componenti della rete di distribuzione fluidi e le caratteristiche dei relativi circuiti, con particolare riguardo ai sistemi di pompaggio (curve di lavoro, punti di lavoro, curve di assorbimento e valori di assorbimento);
- schemi funzionali dei vari impianti;
- schemi di principio impianti speciali;
- documenti di descrizione funzionale impianti speciali (regolazione, telecontrollo, allarmi).

1.9 Verifiche e prove preliminari - collaudo apparecchiature e impianti

1.9.1 Verifiche e prove preliminari

Durante l'esecuzione dei lavori la DL, effettuerà alcune prove e visite in officina e in cantiere (ed eventualmente presso Enti o Istituti riconosciuti) al fine di verificare che la fornitura dei materiali corrisponda alle prescrizioni contrattuali, alle marche approvate dopo la consegna dei lavori e alle modalità esecutive approvate con i disegni preliminari.

- Visite di officina:
 - gruppi termo frigoriferi;
 - elementi di scambio termici;
 - elementi di diffusione;
 - pompe e sistemi di sollevamento;
 - altre apparecchiature a discrezione della DL.
- Prove presso Istituti o Enti riconosciuti (a discrezione della DL), anche su apparecchiature già munite di certificato o marchio CEE o EUROVENT o IMQ. In particolare:
 - gruppi termo frigoriferi;
 - elementi di scambio termici;
 - elementi di diffusione;
 - pompe e sistemi di sollevamento;
 - componenti impianto di telecontrollo;
 - altre apparecchiature a discrezione della DL.

1.9.2 Prove e collaudi

Durante l'effettuazione dei lavori, inoltre, l'impresa esecutrice provvederà alla effettuazione delle necessarie verifiche e prove in corso d'opera, con le modalità specificate per i singoli componenti ed impianti o previste dalle norme di riferimento. In particolare, sono richieste obbligatoriamente:

- prova a freddo delle tubazioni: prima della chiusura delle tracce e del mascheramento delle condutture, si dovrà eseguire una prova idraulica a freddo. Tale prova deve essere eseguita ad una pressione pari a 1.5 volte quella di esercizio (e comunque non inferiore a 600 kPa) mantenuta almeno per 12 ore. La prova si riterrà positiva quando non si verifichino deformazioni permanenti e il manometro indica il valore di pressione iniziale con una tolleranza di 30 kPa. E' ammesso condurre la prova per settori di impianto.
- prova di tenuta canalizzazioni: la realizzazione e la successiva installazione dei canali dovranno essere sempre curate perché non si abbiano palesi perdite d'aria nelle normali condizioni d'esercizio, indipendentemente dalla classe di certificazione richiesta. Le prove, a cura e spese dell'appaltatore, verranno eseguite a discrezione della DL secondo la vigente UNI EN 12237, prima dell'applicazione di eventuali rivestimenti isolanti, e dovranno fornire evidenza del rispetto della classe di tenuta prescritta. Potranno essere effettuate per settori di impianto.

Le verifiche e le prove di cui sopra saranno eseguite dalla DL in contraddittorio con la Ditta e di esse e dei risultati ottenuti si compilerà di volta in volta regolare verbale.

1.9.3 Attività di avviamento e taratura

Tutte le apparecchiature sottoelencate dovranno essere avviate preliminarmente ed autorizzate al funzionamento da parte di tecnici autorizzati della ditta costruttrice, con regolare verbale ufficiale:

- caldaie;
- bruciatori;
- gruppi frigoriferi;
- sistemi di dissipazione;
- gruppi di pompaggio con controllori digitali di portata;
- sistemi di controllo automatici di portata aria / pressione;
- sistemi di erogazione, regolazione ed intercettazione gas tecnici e medicali;

Al termine dei lavori, l'impresa dovrà predisporre tutte le necessarie **attività di taratura preliminare**, finalizzate alla successiva effettuazione delle prove e verifiche di cantiere, da effettuarsi in contraddittorio con la DL. In particolare dovranno essere predisposti e svolte le seguenti attività:

- **Verifica montaggio apparecchiature:** sarà eseguita una verifica intesa ad accertare che il montaggio di tutti i componenti, apparecchi, ecc., sia stato accuratamente eseguito, che la tenuta delle congiunzioni degli apparecchi, prese, ecc. con le condutture sia perfetta e che il funzionamento di ciascuna parte in ogni singolo apparecchio o componente sia regolare e corrispondente, per quanto riguarda la portata degli sbocchi di erogazione, ai dati di progetto.
- Taratura preliminare degli impianti di distribuzione dell'aria: effettuando le attività preliminari di seguito riportate:
 - Presentazione di un planning generale di bilanciamento delle singole unità di trattamento aria.
 - Raccolta dei dati di progetto e preparazione delle schede di conformità delle unità di trattamento aria.
 - Raccolta dei dati di progetto e preparazione delle schede di controllo di sezione e portata delle singole bocchette sia di mandata che di ripresa.
 - Controllo generale del posizionamento delle serrande di regolazione, tagliafuoco e volumetriche con lo schema di funzionamento dell'impianto.
 - Controllo della reale accessibilità di tutte le serrande di regolazione, tagliafuoco e volumetriche e della posizione delle relative portine di ispezione.
 - Controllo della totale apertura delle serrande di regolazione, tagliafuoco e volumetriche
 - Verifica generale delle condizioni dell'unità di trattamento aria:
 - controllo del corretto collegamento elettrico del motore e dei servocomandi delle serrande;
 - controllo del corretto posizionamento dei filtri aria;
 - controllo della tensione della cinghia/e di trasmissione;
 - controllo del senso di rotazione del motore/ventilatore;
 - controllo del numero di giri del motore/ventilatore;
 - controllo assorbimento elettrico del motore.
 - Misurazione delle pressioni statica e totale alla macchina con il tubo di Pitot
 - Misurazione della portata totale dell'impianto suddividendo i vari tronconi di canale come da schema funzionale e denominandoli differentemente fra loro riportando i valori rilevati con il tubo di Pitot sulle schede di misure e di calcolo.
 - Rilevamento delle portate effettive in mc/h ad ogni singola bocchetta di mandata riferendosi sempre alle schede di misurazione ed alla numerazione data alle bocchette sullo schema di principio del sistema tramite il cono (flow measuring hood) e l'anemometro a ventolina.
 - Regolazione approssimativa delle portate in mc/h ad ogni singola bocchetta riferendosi ai valori di progetto ed annotazione dei valori ottenuti sulle schede di misura.
 - Posizionamento e bloccaggio delle serrande volumetriche poste sui vari tronco-ni/sbracci delle canalizzazioni nelle posizioni in cui sono stati rilevati i valori più prossimi a quelli di progetto.
 - Rilevamento delle portate effettive in mc/h ad ogni singola griglia di aspirazione riferendosi sempre alle schede di misurazione ed alla numerazione data alle griglie sullo schema di principio del sistema tramite il cono (flow measuring hood) e l'anemometro a ventolina.
 - Regolazione approssimativa delle portate in mc/h ad ogni singola griglia riferendosi ai valori di progetto ed annotazione dei valori ottenuti sulle schede di misura.
 - Posizionamento e bloccaggio delle serrande volumetriche poste sui vari tronco-ni/sbracci delle canalizzazioni nelle posizioni in cui sono stati rilevati i valori più prossimi a quelli di progetto.
 - Ricontrollo delle portate sulle singole bocchette di mandata ed aggiustamento della serranda di regolazione delle singole bocchette fino all'ottenimento del valore in mc/h previsto dal progetto, eventualmente anche aumentando o diminuendo l'apertura delle serrande volumetriche dei vari tronconi a seconda dei valori rilevati sulle bocchette.
 - Posizionare e bloccare le serrande volumetriche nelle eventuali nuove posizioni.
 - Ricontrollo delle portate sulle singole griglie di ripresa ed aggiustamento della serranda di regolazione delle singole griglie fino all'ottenimento del valore in mc/h previsto dal progetto,

eventualmente operando sulle serrande volumetriche dei vari tronconi a seconda dei valori rilevati sulle griglie.

- Posizionare e bloccare le serrande volumetriche nelle eventuali nuove posizioni.
- Ripetere le operazioni sopra descritte fino all'ottenimento delle portate previste dal progetto.
- Le schede di conformità e controllo unita di trattamento aria, le schede di misurazione delle portate sulle quali saranno annotati tutti i valori rilevati durante le sopraccitate bilanciature, gli schemi funzionali degli impianti a cui tali bilanciature sono riferite verranno utilizzate per la successiva verifica a campione da parte della DL e del collaudatore.
- Taratura preliminare degli impianti di distribuzione dell'acqua: effettuando le attività preliminari di seguito riportate:
 - Presentazione di un planning generale di bilanciamento dei singoli circuiti.
 - Raccolta dei dati di progetto e preparazione delle schede delle pompe di circolazione dei vari circuiti.
 - Raccolta dei dati di progetto e preparazione delle schede di controllo di portata delle singole reti di cui è possibile il rilievo e la taratura.
 - Controllo generale del posizionamento delle valvole di taratura con lo schema di funzionamento dell'impianto.
 - Controllo della reale accessibilità di tutte le valvole di taratura.
 - Verifica generale delle condizioni pompe di circolazione dei vari circuiti:
 - controllo del corretto collegamento elettrico del motore e del corretto senso di rotazione;
 - controllo assorbimento elettrico del motore
 - identificazione del punto di lavoro delle pompe, tramite incrocio tra assorbimento e portata della pompa rilevata tramite strumento di misura differenziale sulle valvole di taratura o sulle prese di pressione pompe
 - Misurazione della portata totale dell'impianto suddividendo i vari tronchi di impianto come da schema funzionale e denominandoli differentemente fra loro riportando i valori rilevati con lo strumento di cui sopra nei punti ove siano presenti valvole di taratura e/o lettura, con eventuale adeguamento del punto di funzionamento in presenza di pompe a portata variabile o a più velocità
 - Regolazione approssimativa delle portate in litri/h ad ogni singola diramazione tarabile, riferendosi ai valori di progetto ed annotazione dei valori ottenuti sulle schede di misura, con eventuale adeguamento
 - Posizionamento e bloccaggio delle valvole di taratura
 - Regolazione approssimativa delle portate in litri/h ad ogni singola utenza dotata di valvola di taratura, riferendosi ai valori di progetto ed annotazione dei valori ottenuti sulle schede di misura.
 - Posizionamento e bloccaggio delle valvole di taratura poste nelle varie diramazioni tarabili, nelle posizioni in cui sono stati rilevati i valori più prossimi a quelli di progetto.
 - Ricontrollo delle portate in litri/h ad ogni singola utenza dotata di valvola di taratura, riferendosi ai valori di progetto ed annotazione dei valori ottenuti sulle schede di misura, eventualmente anche aumentando o diminuendo l'apertura delle valvole a seconda dei valori rilevati.
 - Posizionare e bloccare le valvole nelle eventuali nuove posizioni.
 - Ripetere le operazioni sopra descritte fino all'ottenimento delle portate previste dal progetto.
 - Le schede di conformità e controllo delle pompe, le schede di misurazione delle portate sulle quali saranno annotati tutti i valori rilevati durante le sopraccitate bilanciature, gli schemi funzionali degli impianti a cui tali bilanciature sono riferite verranno utilizzate per la successiva verifica a campione da parte della DL e del collaudatore

1.9.4 Prove in cantiere sugli impianti eseguiti

- Prova di tenuta in pressione tubazioni frigorifere **SENZA APRIRE LE VALVOLE sino a 40 bar** (valore valido per R 410A). L'operazione di messa in pressione va eseguita in tre passi:
 - aumentare la sino a 3 bar e lasciare in pressione per almeno tre minuti:
 - se la pressione non scende: aumentare la pressione sino a 15 bar e lasciare in pressione per almeno

tre minuti;

- se la pressione non scende: aumentare la pressione sino a 40 bar (valore valido per R 410A) e mantenere la pressione per almeno 24 ore.

Verificata la tenuta a pressione del circuito, eseguire l'operazione di messa in vuoto con una pompa a due stadi, rompendo il vuoto con azoto almeno due volte in modo da trascinare eventuali particelle di umidità o impurità. Una volta scaricato l'azoto, ripetere l'operazione di messa in vuoto, mantenendolo per almeno 48 ore.

Dopo aver eseguito la carica addizionale è possibile aprire le valvole della sezione esterna e mettere in moto il sistema, previa messa in tensione alla sezione esterna almeno sei ore prima).

- verifica livelli termici raggiungibili negli ambienti: compatibilmente con la disponibilità di fluidi caldi e refrigerati, si effettueranno le prove di temperatura in ambiente, secondo le specifiche di cui alla UNI 5364 e 8364, con le necessarie correzioni per tener conto delle temperature esterne.
- verifica impianto di distribuzione acqua di consumo
 - prova idraulica a caldo: la prova riguarda esclusivamente le distribuzioni di acqua calda con produzione centralizzata. La prova va effettuata dopo la messa in funzione dell'impianto di preparazione acqua calda, alla pressione di esercizio, per non meno di due ore consecutive, ad un valore di temperatura iniziale di almeno 10 °C superiore al massimo valore di temperatura raggiungibile nell'esercizio. La prova ha lo scopo di accertare gli effetti delle dilatazioni termiche sulle tubazioni. La rilevazione a vista sulle parti accessibili e quella indiretta sulle parti non accessibili deve constatare il libero scorrimento delle tubazioni particolarmente in corrispondenza degli attraversamenti delle strutture murarie senza danneggiamenti alle strutture stesse e l'assenza di qualsiasi perdita d'acqua.
 - prova di circolazione e coibentazione della rete di distribuzione di acqua calda ad erogazione nulla: la prova ha lo scopo di accertare il corretto funzionamento della rete di acqua calda e l'efficienza della coibentazione delle tubazioni. La prova da effettuare possibilmente nel periodo più freddo dell'anno, si ritiene positiva quando si misura fra la temperatura in partenza dal sistema preparatore di acqua calda e la temperatura della diramazione più lontana, una differenza minore o uguale a 2 °C.
 - prova di erogazione di acqua fredda: la prova va effettuata per una durata minima di 30 min consecutivi facendo funzionare contemporaneamente tutte le bocche di erogazione previste nel calcolo. La prova si ritiene superata se, in tale periodo, il flusso dell'acqua da ogni bocca rimane nei valori di calcolo con una tolleranza del 10%.
 - prova di erogazione di acqua calda: la prova va effettuata per una durata minima di 60 min o per una durata maggiore, se concordata, in relazione al servizio, facendo funzionare contemporaneamente tutte le bocche di erogazione previste nel calcolo meno una. La prova si ritiene superata se, in tale periodo, dalle altre bocche fatte funzionare in successione per una volta, l'acqua calda viene erogata nella portata prevista con una tolleranza del 10% e alla temperatura prevista dopo i primi 1,5 litri con una tolleranza di 1 °C.
 - verifica della capacità di erogazione di acqua calda: la verifica va fatta tenendo in funzione contemporaneamente tutte le bocche erogatrici di acqua calda dal calcolo. La verifica si ritiene positiva se l'acqua viene erogata con continuità per tutto il tempo garantito, comunque non minore di due ore, alle condizioni di portata e temperatura previste con le tolleranze indicate al punto precedente.
- verifica sistemi di scarico delle acque usate
 - prova di tenuta all'acqua: la prova va effettuata in corso d'opera isolando un tronco per volta, riempiendolo d'acqua e sottoponendolo alla pressione di 20 kPa per la durata di un'ora. In tale intervallo di tempo non si devono verificare trasudi o perdite di sorta.
 - prova di evacuazione: la prova va effettuata ad impianto ultimato, facendo scaricare nello stesso tempo, colonna per colonna, gli apparecchi previsti dal calcolo della portata massima contemporanea di rimossi anche oggetti leggeri quali carta appallottolata, tappi di sughero, mozziconi di sigaretta, acqua. Durante la prova, che può essere collegata a quella della erogazione

di acqua fredda, si deve accertare che l'acqua venga evacuata con regolarità, senza rigurgiti, ribollimenti e variazioni di regime. In particolare si deve constatare che dai vasi possano essere fiammiferi o simili.

- prova di tenuta agli odori: la prova va effettuata a montaggio completo degli apparecchi sanitari, dopo aver riempito tutti i sifoni, utilizzando dei candelotti fumogeni e mantenendo una pressione di 250 Pa: nessun odore di fumo deve penetrare all'interno degli ambienti in cui sono montati gli apparecchi.

Nel caso che qualche prova indichi la presenza di un difetto, tale prova ed ogni altra prova precedente che possa essere stata influenzata dal difetto segnalato devono essere ripetute dopo l'eliminazione del difetto stesso. I metodi di prova descritti nel seguito costituiscono metodi di riferimento; sono ammessi altri metodi di prova purché essi forniscano risultati ugualmente validi.

Tutta la strumentazione idonea richiesta per le prove deve essere fornita a cura e carico della Ditta, salvo deroghe concesse dalla DL su richiesta della Ditta stessa.

Le verifiche e le prove di cui sopra saranno eseguite dalla DL in contraddittorio con la Ditta e di esse e dei risultati ottenuti si compilerà di volta in volta regolare verbale.

La DL, ove si trovi da eccepire in ordine ai risultati riscontrati perché non conformi alle prescrizioni contrattuali, emetterà il Verbale di Ultimazione dei Lavori solo dopo aver accertato, facendone esplicita dichiarazione nel verbale stesso, che da parte della Ditta sono state eseguite tutte le modifiche, aggiunte, riparazioni e sostituzioni necessarie.

Si intende che, nonostante l'esito favorevole delle prove preliminari e verifiche suddette, la Ditta rimane responsabile delle deficienze che abbiano a riscontrarsi anche dopo il collaudo e fino al termine del periodo di garanzia.

Il collaudo tecnico finale a cura della DL sarà effettuato ENTRO TRE MESI dalla data del Verbale di Ultimazione; esso consisterà principalmente nella verifica delle prescrizioni impartite in seguito alle prove di cui sopra e nella verifica della funzionalità nelle condizioni di esercizio di tutti gli impianti.

1.10 Disegni definitivi impianti - materiale illustrativo - manuale ed istruzioni

All'ultimazione dei lavori la Ditta dovrà provvedere a quanto segue:

Fornire alla SA un originale su supporto magnetico (realizzato con programma "AUTOCAD") e tre serie di copie complete di:

- disegni esecutivi finali degli impianti come eseguiti corredati di piante ed eventuali sezioni su cui saranno riportati i percorsi di tutte le distribuzioni, distinte per i vari impianti complete dell'indicazione dei tipi, delle dimensioni delle linee o dei canali. Tali elaborati finali dovranno contenere inoltre la posizione di tutte le apparecchiature installate con l'indicazione del tipo e della marche;
 - schemi unifilari di tutti i quadri elettrici con indicati i campi ed i valori effettivi delle tarature dei relè termici, magnetici e differenziali; schemi funzionali e di collegamento dei vari apparecchi e degli eventuali impianti di segnalazione, comando, controllo, ecc.;
 - schemi a blocchi delle principali reti eseguite (distribuzione acqua calda, fredda, refrigerata, vapore, condense, scarichi, idrico, ecc.),
 - nelle centrali tecnologiche dovranno essere forniti ed installati a parete, su appositi pannelli da concordare con la Direzione Lavori, gli schemi delle relative apparecchiature ed impianti; ogni centrale tecnologica o sottocentrale dovrà essere dotata di schema funzionale installato su apposito pannello;
 - tutti gli elaborati dovranno essere conformi alla simbologia UNI in vigore ed a tutte le norme UNI relative al disegno tecnico.
- Fornire alla SA, in triplice copia, una monografia sugli impianti eseguiti con tutti i dati tecnici, le tarature, le istruzioni per la messa in funzione dei vari impianti e apparecchiature e le norme di manutenzione con le relative procedure e gli intervalli di tempo delle singole operazioni da compiere. Alla fine della monografia, in apposita cartella, saranno contenuti i depliant illustrativi delle singole apparecchiature con le relative norme di installazione, messa in funzione, manutenzione, e, per ogni

macchina, un elenco dei pezzi di ricambio consigliati dal Costruttore per un periodo di funzionamento di due anni. Con suo personale specializzato avrà cura di istruire il personale che sarà addetto alla conduzione e manutenzione degli impianti, accertandosi che le istruzioni siano ben comprese al fine di assicurare le condizioni di sicurezza per gli operatori e per il corretto funzionamento degli impianti. La SA non prenderà in consegna gli impianti se prima la Ditta Appaltatrice non avrà ottemperato a quanto previsto.

- Rilasciare la dichiarazione di conformità redatta secondo la legislazione e la normativa vigenti, completa di una serie di disegni degli impianti eseguiti a regola d'arte, timbrati e firmati dal responsabile tecnico (in possesso di requisiti previsti dalla legge) e copia della comunicazione della CCIAA di conferma del tecnico in possesso dei requisiti previsti dalla legge.
- Fornire tutti i documenti relativi all'omologazione degli impianti soggetti a controllo Ispesl o equivalenti, completi in ogni loro parte e di relative lettere di trasmissione all'organismo di controllo.
- Fornire al Committente tutta la documentazione per lo svolgimento delle pratiche a carattere tecnico amministrativo presso gli enti di controllo (VVF, ULSS.). In particolare dovrà essere fornita tutta documentazione ai fini antincendio prevista dal D.M. 4/05/98 (certificazioni componenti, dichiarazioni di corrispondenza al prototipo, dichiarazioni di posa conforme, elaborati grafici con indicazione dei punti di posa e identificazione del componente).
- Fornire il piano di manutenzione dell'opera, per l'uso e la manutenzione di quanto realizzato: il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione. Qualora già emessi prima o durante la realizzazione delle opere, al termine dell'intervento questi documenti dovranno essere sottoposti dall'impresa al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari durante l'esecuzione dei lavori. Tutta la documentazione fornita dalla ditta sarà redatta o tradotta in italiano.

1.11 Caratteristiche e contenuti del piano di manutenzione

Il piano di manutenzione prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati "as built", l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione;
- il programma di manutenzione.

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- la rappresentazione grafica;
- la descrizione;
- le modalità di uso corretto.

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- la rappresentazione grafica;
- la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- il livello minimo delle prestazioni;

- le anomalie riscontrabili;
- le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

2 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI E NORME DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI

Nel progetto sono riportati i dati tecnici di dimensionamento e prestazionali dei materiali e dei componenti, al fine di permettere alla ditta di fornire impianti perfettamente rispondenti alle specifiche esigenze e conformi alle prescrizioni del presente capitolato.

La presente sezione del Capitolato, precisa, sulla base delle specifiche tecniche, le caratteristiche funzionali ed i contenuti prestazionali degli elementi previsti nel progetto. Il paragrafo contiene, inoltre, la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti previsti nel progetto.

Vengono inoltre individuate le modalità di esecuzione e i requisiti di accettazione dei materiali e dei componenti, oltre alle specifiche di prova, al fine di qualificare l'opera sotto il profilo esecutivo.

Rimane responsabilità della ditta appaltatrice il corretto accoppiamento funzionale dei vari componenti impiantistici adottati, adeguando quanto previsto in progetto ad eventuali diverse caratteristiche dei materiali forniti: tali elementi dovranno essere compiutamente illustrati tramite opportune relazioni di calcolo, soggette ad esame ed approvazione della DL.

3 DISCIPLINARE PRESTAZIONALE DEI MATERIALI - MODALITA' DI INSTALLAZIONE

3.1 Impianti termo frigoriferi di centrale

3.1.1 Gruppi frigoriferi ad espansione diretta a portata variabile di refrigerante

Unità esterna di ridotte dimensioni in pianta, idonea per installazione all'esterno, raffreddata ad aria, essenzialmente costituita da struttura in lamiera d'acciaio autoportante, pannelli asportabili per la manutenzione.

Unità motocondensante per sistema a Volume di Refrigerante Variabile, controllate da inverter, refrigerante R 410A, a funzionamento invertibile, struttura modulare per installazione di più unità abbinate.

Compressore ermetico a spirale orbitante di tipo scroll ottimizzato per l'utilizzo con R410A a superficie di compressione ridotta con motore brushless a controllo digitale, azionato da inverter, con velocità fino a 7980 rpm, controllo capacità dal 19 al 100%; raffreddamento con gas compressi che rende superfluo l'uso di un separatore di liquido. Resistenza elettrica di riscaldamento del carter olio. Funzionalità i-Demand per la limitazione del carico elettrico di punta e avviamento in sequenza dei compressori. Controllore di sistema a microprocessore per l'avvio del ciclo automatico di ritorno dell'olio, che rende superflua l'installazione di dispositivi per il sollevamento dello stesso.

Batteria di scambio costituita da tubi di rame rigati internamente W-HiX e pacco di alette in alluminio sagomate ad alta efficienza con trattamento anticorrosivo, dotata di griglie di protezione laterali a maglia quadra. Geometria in controcorrente e sistema e-Pass permettono di ottenere un'alta efficienza di sottoraffreddamento anche con circuiti lunghi e di ridurre la quantità di refrigerante.

Ventilatore elicoidale, funzionamento silenzioso, griglia di protezione antiturbolenza posta sulla mandata verticale dell'aria azionato da motore elettrico a cc Brushless direttamente accoppiato, funzionante a controllo digitale; Pressione statica esterna standard non inferiore a 70 Pa; curva caratteristica ottimizzata per il funzionamento a carico parziale. Controllo della velocità tramite microprocessore per ottenere un flusso a pressione costante nello scambiatore.

Circuito frigorifero ad R410A con distribuzione del fluido a due tubi, controllo del refrigerante tramite valvola d'espansione elettronica, olio sintetico, con sistema di equalizzazione avanzato; comprende il ricevitore di liquido, il filtro e il separatore d'olio. Funzione automatica per la carica del refrigerante provvede autonomamente al calcolo del quantitativo di refrigerante necessario e alla sua carica all'interno del circuito. Verifica automatica periodica del contenuto di gas nel circuito

Numero massimo di unità interne collegabili variabile in funzione della capacità della macchina, ma comunque non inferiore a 20. La potenza delle unità interne collegate sarà compresa tra un minimo del 50 e un massimo del 200 % di quella erogata dalla pompa di calore.

Dispositivi di sicurezza e controllo: il sistema dispone di sensori di controllo per bassa e alta pressione, temperatura aspirazione refrigerante, temperatura olio, temperatura scambiatore di calore e temperatura esterna. Sono inoltre presenti pressostati di sicurezza per l'alta e la bassa pressione (dotati di ripristino manuale tramite telecomando). Unità provvista di valvole di intercettazione (valvole Schrader) per l'aspirazione, per i tubi del liquido e per gli attacchi di servizio. Il circuito del refrigerante viene sottoposto a pulizia con aspirazione sotto vuoto di umidità, polveri e altri residui. Successivamente viene precaricato con il relativo refrigerante. Microprocessore di sistema per il controllo e la regolazione dei cicli di funzionamento sia in riscaldamento che in raffreddamento. In grado di gestire tutti i sensori, gli attuatori, i dispositivi di controllo e di sicurezza e gli azionamenti elettrici, nonché di attivare automaticamente la funzione alternata dei cicli di sbrinamento degli scambiatori garantendo il riscaldamento continuo. Collegamento al sistema di controllo tramite bus di comunicazione di tipo non polarizzato.

Funzione di autodiagnostica per le unità interne ed esterne tramite il bus dati, accessibile tramite comando manuale locale e/o dispositivo di diagnostica: Service-Checker – visualizzazione e memorizzazione di tutti i parametri di processo, per garantire una manutenzione del sistema efficace. Possibilità di stampa dei rapporti di manutenzione e memoria degli ultimi 10min di funzionamento.

- Possibilità di controllo dei consumi tramite collegamento a comando centralizzato.
- Gestione del funzionamento via web tramite collegamento a comando centralizzato.
- Possibilità di interfacciamento con bus di comunicazione per sistemi BMS (Building Management Systems) a protocollo LONworks® e BACnet®.

Lunghezza massima effettiva totale delle tubazioni 1000 m. Dislivello massimo tra unità esterna ed interne fino 90 m; massima distanza tra prima derivazione (giunto o collettore) e unità interna più lontana non superiore a 40m di lunghezza di tubazione di collegamento; distanza massima tra unità esterna e l'unità interna più lontana pari a 165m. Le tubazioni frigorifere di collegamento tra unità esterna ed interne, potranno essere realizzate tramite collettori od in linea (od anche misti).

Campo di funzionamento:

- in raffreddamento da -5°CBS a 43 ° CBS,
- in riscaldamento da -20°CBU a 15.5° CBU

3.1.1.1 norme di riferimento e certificazioni

- Dichiarazione di conformità alle direttive europee 89/336/EEC (compatibilità elettromagnetica), 73/23/EEC (bassa tensione) e 98/37/EEC (direttiva macchine) fornita con l'unità e alla normativa RoHS
- Dichiarazione delle prestazioni acustiche ed energetiche in conformità alla normativa di settore, con certificazione Eurovent od equivalente (EN 14511 ed UNI EN ISO 3741)
- Classificato e certificato in conformità alle norme Eurovent, con indice di prestazione non inferiore

ad "A".

3.1.1.2 posa in opera

L'unità sarà inoltre completa di supporti antivibranti e basamento in putrelle di acciaio per la ripartizione del carico. Carica occorrente aggiuntiva di gas refrigerante R410a calcolata in funzione dell'effettivo sviluppo dell'impianto.

3.1.1.3 verifiche di accettazione e di collaudo in cantiere

Unità Interna a parete

Unità Interna a vista per installazione a parete, di dimensioni compatte, costituita essenzialmente da ventilatore tangenziale direttamente accoppiato a motore elettrico a due velocità, valvola elettronica di espansione (LEV) con controllo continuo della potenza tra il 25% ed il 100%, batteria a più ranghi con tubi in rame alettati in alluminio, griglia di aspirazione aria ambiente con filtri in fibra sintetica rigenerabili e lavabili, mandata dell'aria realizzata mediante deflettore multidirezionale automatico, comando remoto ad infrarossi o comando a bordo macchina.

Unità Interna a pavimento per montaggio ad incasso

Unità interna ad incasso per installazione a pavimento, di dimensioni compatte, costituita essenzialmente da ventilatore direttamente accoppiato a motore elettrico a due velocità, valvola elettronica di espansione (LEV) con controllo continuo della potenza tra il 25% ed il 100%, batteria a più ranghi con tubi in rame alettati in alluminio, griglia di aspirazione aria ambiente con filtri in fibra sintetica rigenerabili e lavabili, comando remoto ad infrarossi o comando a bordo macchina.

Unità interna a pavimento per montaggio a vista

Unità interna a vista per installazione a pavimento, di dimensioni compatte, costituita essenzialmente da ventilatore direttamente accoppiato a motore elettrico a due velocità, valvola elettronica di espansione (LEV) con controllo continuo della potenza tra il 25% ed il 100%, batteria a più ranghi con tubi in rame alettati in alluminio, griglia di aspirazione aria ambiente con filtri in fibra sintetica rigenerabili e lavabili, comando remoto ad infrarossi o comando a bordo macchina.

Unità interna canalizzabile per montaggio in controsoffitto

Unità interne per installazione canalizzata in controsoffitto, solo freddo o a pompa di calore, costituite da:

- Carrozzeria in lamiera d'acciaio zincato rivestita di materiale termoacustico. Aspirazione dal lato posteriore (impostazione di fabbrica) o inferiore, filtro aria e pannello di chiusura intercambiabili nelle posizioni posteriore e inferiore, opzionale pannello decorativo d'aspirazione di colore bianco, mandata canalizzabile sul lato anteriore. Equipaggiata di quattro staffe per il fissaggio.
- Ventilatore tangenziale tipo Sirocco con funzionamento silenzioso e assenza di vibrazioni, a tre velocità impostabili, mosso da un motore elettrico monofase ad induzione direttamente accoppiato, dotato di protezione termica. Ottimizzazione del funzionamento del ventilatore impostando – tramite selettore a bordo macchina – la curva caratteristica più idonea alle perdite di carico nelle canalizzazioni dell'aria. Utilizzo di ventilatore DC control con maggiore efficienza e minor consumo.
- Possibilità di impostazione della prevalenza o della portata da comando locale.
- Scambiatore di calore con tubi di rame rigati internamente "Hi-XSS" ed alette in alluminio ad alta efficienza.
- Filtro aria sintetico resistente alla muffa, installazione posteriore o inferiore.
- Pannello di chiusura, da installare inferiormente o posteriormente.
- Kit pompa di scarico condensa.
- Microprocessore per il controllo della temperatura.
- Alimentazione elettrica monofase 220-240 V, 50 Hz.

- Morsettiera a 3 cavi + terra per alimentazione ed il collegamento con l'unità esterna.
- Dispositivi di sicurezza: protezione termica motore ventilatore.
- Riaccensione automatica in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica, ripristinando le impostazioni scelte.

La potenzialità termica della macchina dipende dal tipo di accoppiamento con l'unità esterna.

Unità interna in esecuzione cassette

Unità interne a cassetta a 4 vie per montaggio a controsoffitto con flusso dell'aria a 360° per sistema VRV ad R410a, con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Carrozzeria in lamiera d'acciaio zincato rivestita di materiale termoacustico di polistirene espanso, pannello decorativo di colore bianco RAL9010, lavabile, antiurto, di fornitura standard. Griglia con ripresa centrale, dotata di filtro a lunga durata in rete di resina sintetica resistente alla muffa, lavabile; mandata tramite feritoia unica con meccanismo di oscillazione automatica dei deflettori, orientabili orizzontalmente tra 0° e 90°, con i quali è possibile ottenere un flusso d'aria in direzione parallela al soffitto, con un ampio raggio di distribuzione, prevenendo – al contempo – la formazione di macchie sul soffitto stesso. E' possibile diffondere l'aria in 23 direzioni diverse.
- Valvola di laminazione e regolazione dell'afflusso di refrigerante con motore passo-passo, 2000 passi, pilotata da un sistema di controllo a microprocessore con caratteristica PID (proporzionale-integrale-derivativa) che consente il controllo della temperatura ambiente con la massima precisione (scostamento di +/- 0,5° C dal valore di set point), raccogliendo i dati provenienti dai termistori sulla temperatura dell'aria di ripresa, sulla temperatura della linea del liquido e sulla temperatura della linea del gas.
- Termistori temperatura dell'aria di ripresa, temperatura linea del liquido, temperatura linea del gas
- Ventilatore turbo con funzionamento silenzioso e assenza di vibrazioni, a due velocità, mosso da un motore elettrico monofase ad induzione direttamente accoppiato, dotato di protezione termica; portata d'aria di A/B 750/540, potenza erogata dal motore di 56 W, livello di pressione sonora A/B dell'unità non superiore a 31/28 dB(A) misurata ad 1m di distanza dalla macchina in stanza anecoica.
- Scambiatore di calore in controcorrente costituito da tubi di rame internamente rigati HI-X Cu ed alette in alluminio ad alta efficienza.
- Pompa di sollevamento della condensa di fornitura standard con fusibile di protezione e prevalenza fino a 675 mm.
- Sistema di controllo a microprocessore con funzioni di diagnostica, acquisizione e analisi dei messaggi di errore, segnalazione della necessità di manutenzione; storico dei messaggi di errore per l'identificazione dei guasti; possibilità di interrogare i termistori tramite il regolatore PID. Fusibile di protezione della scheda elettronica.
- Alimentazione: 220~240 V monofase a 50 Hz
- Collegamento al sistema di controllo tramite bus di comunicazione di tipo non polarizzato.
- Possibilità di controllo dei consumi tramite collegamento a comando centralizzato.
- standard, il quale viene automaticamente e ciclicamente pulito (una volta al dì). La pulizia continua del filtro consente di ridurre i costi di manutenzione e di evitare i cali di resa dell'unità. La pulizia del sacco di raccolta dello sporco può essere effettuata con una normale aspirapolvere, attraverso il kit fornito, evitando l'intervento di un manutentore specializzato.
- Gestione del funzionamento via web tramite collegamento a comando centralizzato.
- Possibilità di interfacciamento con bus di comunicazione per sistemi BMS (Building Management Systems) a protocollo LONworks® e BACnet.
- Dichiarazione di conformità alle direttive europee 89/336/EEC (compatibilità elettromagnetica), 73/23/EEC (bassa tensione) e 98/37/EC (direttiva macchine) fornita con l'unità.

Centralizzatore

L'impianto sarà controllato da un centralizzatore multifunzione di tipo interattivo con display a cristalli liquidi, completo di accessori per il montaggio a parete, essenzialmente costituito da un'unità di potenza ed un'unità di controllo per la regolazione ed il monitoraggio individuale dell'intero impianto di climatizzazione sino ad un massimo di 50 unità interne, espletando le principali funzioni quali: impostazione dei programmi di funzionamento, formazione di eventuali gruppi di unità interne, indicazione di eventuali anomalie funzionali ed inibizione o abilitazione dei comandi remoti. Funzionerà unicamente ai comandi remoti o sostituirà completamente gli stessi. Sarà interfacciato all'unità esterna mediante bus di trasmissione dati costituito da un doppino telefonico schermato non polarizzato.

Prescrizioni per l'installazione, l'avviamento ed il collaudo

Moduli esterni assemblati su sostegni costituiti da profilati in acciaio inox; bacinella in acciaio inox per la raccolta del gocciolamento durante i cicli di sbrinamento, convogliamento della condensa a punto specifico. I giunti di collegamento tra diversi moduli vanno installati in orizzontale (con un angolo massimo di 15°). È necessario lasciare un tratto rettilineo di tubazione di almeno 0,5 m all'ingresso del giunto. I giunti di derivazione delle linee di distribuzione vanno posizionati in modo verticale o orizzontale (con un angolo massimo di 30°) e deve essere consentita l'ispezionabilità ad impianto finito.

Eventuali percorsi delle tubazioni posizionate all'esterno vanno protetti mediante carter di contenimento. Non devono essere lasciati tratti di tubazioni ciechi (per esempio per predisporre collegamenti successivi di altre unità interne) per evitare la sottrazione di refrigerante e olio lubrificante al circuito.

In sede di esecuzione delle flange di collegamento alle sezioni interne, lubrificare accuratamente utensile, flangia e filetto del bocchettone con olio dello stesso tipo utilizzato dal compressore per ridurre la possibilità di perdita di refrigerante. Stringere i bocchettoni con cura, evitando di torcere le tubazioni.

Una volta eseguito e chiuso il circuito, eseguire la prova in pressione **SENZA APRIRE LE VALVOLE sino a 40 bar** (valore valido per per R 410A). L'operazione di messa in pressione va eseguita in tre passi:

- aumentare la sino a 3 bar e lasciare in pressione per almeno tre minuti: se la pressione non scende;
- aumentare la pressione sino a 15 bar e lasciare in pressione per almeno tre minuti; se la pressione non scende;
- aumentare la pressione sino a 40 bar (valore valido per R 410A) e mantenere la pressione per almeno 24 ore.

Verificata la tenuta a pressione del circuito, eseguire l'operazione di messa in vuoto con una pompa a due stadi, rompendo il vuoto con azoto almeno due volte in modo da trascinare eventuali particelle di umidità o impurità. Una volta scaricato l'azoto, ripetere l'operazione di messa in vuoto, mantenendolo per almeno 48 ore.

La Ditta installatrice dovrà rilasciare una dichiarazione di pre-collaudo inerente la regolare installazione delle reti e dei componenti d'impianto secondo le indicazioni della casa costruttrice; rilasciare certificazione di prove a tenuta ed esecuzione del vuoto, per tutte le reti frigorifere.

Dopo aver eseguito la carica addizionale è possibile aprire le valvole della sezione esterna e mettere in moto il sistema, previa messa in tensione alla sezione esterna almeno sei ore prima).

I tecnici della casa costruttrice dovranno rilasciare regolare certificazione di avvenuta accensione, prove e collaudi del/dei sistemi VRV.

3.2 impianti per il trattamento e la diffusione dell'aria

3.2.1 Ventilatori centrifughi a parete

Tutti i ventilatori forniti dovranno essere conformi alle prescrizioni della direttiva 2009/125/CE. "Energy related Products" - "Direttiva ErP".

I motori dei ventilatori dovranno essere conformi alle indicazioni della stessa direttiva, con livello di efficienza motori non inferiore ad IE2 – i motori con livello IE1 (già Eff.2) non potranno più essere utilizzati, se non per mera sostituzione di motori esistenti, nell'impossibilità tecnica di cambio di livello di efficienza.

Tutti i motori con una potenza nominale da 7,5 a 375 kW dovranno essere conformi al livello di efficienza più severo, denominato IE3. In alternativa questi motori dovranno soddisfare il livello di efficienza IE2 ed essere equipaggiati con un convertitore di frequenza.

- Costruzione in resina plastica ABS bianca
- Motore a 2 velocità del tipo a induzione con condensatore di avviamento, accoppiato ad una girante centrifuga a pale avanti. Dotato di termofusibile di protezione e di bronzine autolubrificanti.
- Diametro nominale 100 mm.
- Portata minima: 65 m³/h
- Portata massima: 90 m³/h
- Sicurezza e prestazioni certificate IMQ e IMQ PERFORMANCE.

3.2.1.1 norme di riferimento e certificazioni

- L'apparecchiatura dovrà essere marchiata CE. I materiali realizzati in conformità a direttive nazionali o internazionali (UNI EN ecc.) dovranno riportare una marcatura e/o dovranno essere accompagnati da idoneo certificato.
- L'installatore dovrà fornire le curve caratteristiche di funzionamento dei vari ventilatori con i relativi assorbimenti elettrici.

3.2.1.2 posa in opera

Le canalizzazioni e le eventuali serrande non devono gravare sulle bocche dei ventilatori o sulle strutture dei ventilatori e lo staffaggio deve essere concepito e realizzato in maniera da rendere semplice l'accesso ai vari organi sia per le manovre durante l'esercizio, che durante le operazioni di manutenzione.

3.2.1.3 verifiche di accettazione e di collaudo in cantiere

- marcatura CE – dichiarazione di conformità del costruttore – manuale di installazione, uso e manutenzione

Ad installazione avvenuta si dovrà verificare il funzionamento dei ventilatori per la portata di richiesta con la prevalenza specificata, a funzionamento continuo, senza che si verifichino surriscaldamenti del motore o vibrazioni anomale. Si dovrà inoltre, mediante pinza amperometrica, determinare la potenza assorbita durante il funzionamento.

3.3 Tubazioni - isolamento

3.3.1 Protezione contro le corrosioni

Nella realizzazione degli impianti la ditta è tenuta ad adottare tutte le misure necessarie ad ottenere un'efficace protezione contro le corrosioni.

Con il termine "protezione contro le corrosioni" si indica l'insieme di quegli accorgimenti tecnici atti ad evitare che si verifichino le condizioni per alcune forme di attacco dei manufatti metallici, dovute (per la maggior parte) ad un'azione elettrochimica.

Poiché una protezione efficace contro la corrosione non può prescindere dalla conoscenza del gran numero di fattori che possono intervenire nei diversi meccanismi di attacco dei metalli, si dovrà tener conto di detti fattori, dovuti:

- alle caratteristiche di fabbricazione e composizione del metallo
- alle caratteristiche chimiche e fisiche dell'ambiente di attacco
- alle condizioni d'impiego (stato della superficie del metallo, rivestimenti protettivi, sollecitazioni meccaniche, saldature, ecc.)

In linea generale la ditta dovrà evitare che si verifichi una disimmetria del sistema metallo-elettrolita, come ad esempio il contatto di due metalli diversi, un'aerazione differenziale, il contatto con materiali non conduttori contenenti acidi o sali e che per la loro igroscopicità forniscono l'elettrolita.

Le protezioni da adottare potranno essere di tipo passivo o di tipo attivo o di entrambi i tipi. I mezzi per la protezione passiva saranno costituiti da applicazione a caldo o a freddo di speciali vernici bituminose.

I rivestimenti di qualsiasi natura, saranno accuratamente applicati alle tubazioni, previa adeguata pulizia, e non dovranno presentare assolutamente soluzioni di continuità.

All'atto dell'applicazione dei mezzi di protezione si dovrà evitare che in essi siano contenute sostanze che possono corrodere il metallo sottostante, sia direttamente che indirettamente, a seguito di eventuale trasformazione.

Le tubazioni interrate saranno poste su un letto di sabbia neutra e ricoperte con la stessa sabbia per un'altezza non inferiore a 15 cm sulla generatrice superiore del tubo.

La protezione delle condotte soggette a corrosione per l'azione di correnti esterne, impresse o vaganti, sarà effettuata per mezzo della protezione catodica e cioè sovrapponendo alla corrente di corrosione una corrente di senso contrario di intensità uguale o superiore a quella di corrosione, generata da appositi anodi sacrificali.

3.3.2 In acciaio nero

Le tubazioni da impiegarsi per la realizzazione degli impianti con fluidi aventi una temperatura d'esercizio sino a 200 °C e pressione d'esercizio sino a 1.600 kPa (circa 16 bar), saranno in acciaio senza saldatura del tipo sottoelencato.

Per diametri da 3/8" sino a 2"

Tubi gas commerciali serie media in acciaio Fe 33, UNI EN 10255 e F.A., senza saldatura per pressioni di esercizio fino a 1.000 kPa (10 bar).

| DIAMETRI convenzionale | SPESSORE [mm] | TUBO NON FILETTATO ESTREMITA' LISCE [kg/m] | TUBO FILETTATO E CON MANICOTTO [kg/m] |
|---------------------------|------------------|--|---|
| 3/8" | 2,3 | 0,839 | 0,845 |
| 1/2" | 2,6 | 1,210 | 1,220 |
| 3/4" | 2,6 | 1,560 | 1,570 |
| 1" | 3,2 | 2,410 | 2,430 |
| 1¼" | 3,2 | 3,100 | 3,130 |
| 1½" | 3,2 | 3,560 | 3,600 |
| 2" | 3,6 | 5,030 | 5,100 |

Per diametri da DN 32 sino a DN 400

Tubi bollitori di acciaio lisci commerciali senza saldatura in acciaio Fe 33, UNI EN 10216, prevedendo solo i sottoelencati diametri corrispondenti alle norme ISO:

| DIAMETRO EST. [mm] | SPESSORE [mm] | PESO [kg/m] |
|-----------------------|------------------|----------------|
| 33,7 | 2,3 | 1,79 |
| 42,4 | 2,6 | 2,57 |
| 48,3 | 2,6 | 2,95 |
| 60,3 | 2,9 | 4,14 |
| 76,1 | 2,9 | 5,28 |
| 88,9 | 3,2 | 6,81 |
| 114,3 | 3,6 | 9,90 |
| 139,7 | 4,0 | 13,5 |
| 168,3 | 4,5 | 18,1 |
| 219,1 | 5,9 | 31,0 |
| 273,0 | 6,3 | 41,6 |
| 323,9 | 7,1 | 55,6 |

| DIAMETRO EST. | SPESSORE | PESO |
|---------------|----------|--------|
| [mm] | [mm] | [kg/m] |
| 355,6 | 8,0 | 68,3 |
| 406,4 | 8,8 | 85,9 |

Le flange saranno del tipo a saldare di testa a norma UNI, secondo la pressione nominale d'esercizio. Tutte le flange avranno il risalto di tenuta UNI EN 1092-1 ed il diametro esterno del collarino corrispondente al diametro esterno della tubazione.

Le guarnizioni da usare saranno tipo Klingerite spessore 2 mm.

I bulloni saranno a testa esagonale con dado esagonale UNI 5727; per applicazioni all'esterno i bulloni dovranno essere passivati.

Le curve saranno in acciaio stampato a raggio stretto UNI 7929 e seguenti, senza saldatura.

Si potranno utilizzare curve piegate a freddo sino al diametro 1¼". Non saranno ammesse curve a spicchi o a pizzicotti.

Posa delle tubazioni - prescrizioni diverse

Le tubazioni saranno posate con spaziature sufficienti per consentire lo smontaggio nonché la facile esecuzione del rivestimento isolante e dovranno essere opportunamente sostenute con particolare riguardo ai punti di connessione con pompe, batterie, valvole, ecc. affinché il peso non gravi in alcun modo sulle flange di collegamento.

Occorrerà prevedere una pendenza minima del 1% per tutte le tubazioni, allo scopo di facilitare le operazioni di sfogo dell'aria e di raccolta di eventuale condensa, in modo che in caso di impianto fermo per più giorni all'avviamento non si verifichino inconvenienti.

Per tubazioni attraversanti muri esterni la pendenza sarà data, fatto salvo quanto suddetto, dall'interno verso l'esterno.

In tutti i punti bassi saranno previsti gli opportuni drenaggi.

Tutte le tubazioni non zincate, saranno pulite prima o dopo il montaggio con spazzola metallica onde preparare le superfici alla successiva verniciatura che dovrà essere fatta con due mani di antiruggine resistente alla temperatura del fluido passante, ognuna di colore diverso.

Supporti

Le tubazioni saranno fissate a soffitto o sulle pareti mediante mensole o staffe e supporti apribili a collare.

Tutti i supporti indistintamente saranno previsti e realizzati in maniera tale da non consentire la trasmissione di rumore e vibrazioni dalle tubazioni alle strutture impiegando materiali antivibranti.

I collari di fissaggio saranno in ferro zincato, le mensole e le staffe per le tubazioni correnti all'interno dei fabbricati saranno in ferro nero con due mani di vernice antiruggine mentre per le tubazioni correnti all'esterno saranno in ferro zincato a bagno.

Non saranno accettate soluzioni improvvisate o che non tengano conto del problema della trasmissione delle vibrazioni.

Distanza massima fra supporti:

| DIAM. TUBO | DISTANZA | DIAM. TUBO | DISTANZA |
|------------|----------|--------------|----------|
| | [m] | | [m] |
| 3/4" | 1,50 | 6" | 5,10 |
| 1"-1½" | 2,00 | 8" | 5,70 |
| 2"-2½" | 2,50 | 10" | 6,60 |
| 3" | 3,00 | 12" ed oltre | 7,00 |
| 4" | 4,20 | | |

Saldature

L'unione dei tubi dovrà avvenire mediante saldature, eseguite da saldatori qualificati.

Le giunzioni delle tubazioni aventi diametro inferiore a DN 50 verranno di norma realizzate mediante saldatura autogena con fiamma ossiacetilenica.

Le giunzioni delle tubazioni con diametro superiore verranno eseguite di norma all'arco elettrico a corrente continua.

Non saranno ammesse saldature a bicchiere ed a finestra, cioè quelle saldature eseguite dall'interno attraverso una finestrella praticata sulla tubazione, per quelle zone dove non è agevole lavorare con il cannello all'esterno.

Le tubazioni saranno, pertanto, sempre disposte in maniera tale che anche le saldature in opera possano essere eseguite il più agevolmente possibile; a tal fine le tubazioni saranno opportunamente distanziate fra loro, anche per consentire un facile lavoro di coibentazione, come pure dovranno essere sufficientemente distaccate dalle strutture dei fabbricati.

Particolare attenzione sarà prestata per le saldature di tubazioni di piccolo diametro (< 1") per non ostruire il passaggio interno.

L'unione delle flange con il tubo dovrà avvenire mediante saldatura elettrica od autogena.

Nel caso che l'impiantistica lo richieda, la DL si riserverà il diritto di fare eseguire a spese e cura della ditta qualche controllo radiografico.

Qualora tale controllo segnalasse saldature inaccettabili, la DL provvederà a fare eseguire sempre a cura e spese della ditta, altri controlli radiografici al fine di verificare l'affidabilità e, quindi, l'accettazione delle saldature stesse.

Tubazioni e strutture

La ditta dovrà dare in tempo utile tutte le notizie circa i percorsi delle tubazioni.

Verranno realizzati nelle solette e nelle pareti tutti i fori così come previsti sui disegni forniti.

Tutti gli attraversamenti di pareti e pavimenti dovranno avvenire in manicotti in acciaio zincato o in Pead.

La ditta dovrà fornire tutti i manicotti di passaggio necessari e questi saranno installati e sigillati nei relativi fori prima della posa delle tubazioni.

Il diametro dei manicotti dovrà essere tale da consentire la libera dilatazione delle tubazioni, con gioco libero di almeno 10 mm.

Le estremità dei manicotti affioreranno dalle pareti o solette e sporgeranno dal filo esterno di pareti e solette di 25 mm.

I manicotti passanti attraverso le solette saranno posati prima del getto di calcestruzzo; essi saranno otturati in modo da impedire eventuali penetrazioni del calcestruzzo.

Se dovesse presentarsi l'esigenza di attraversare con le tubazioni i giunti di dilatazione dell'edificio, si dovranno prevedere dei manicotti distinti da un lato e dall'altro del giunto, come pure dei giunti flessibili con gioco sufficiente a compensare i cedimenti dell'edificio.

3.3.3 In acciaio zincato

Le tubazioni sino a diametro 4" saranno in acciaio senza saldatura, serie gas media, secondo **UNI EN 10255** e F.A. e zincate secondo **UNI EN 10240**.

Per i diametri superiori le tubazioni saranno in acciaio nero zincato a bagno dopo la lavorazione con giunzioni a flangia.

| DIAM. | DIAM. EST. max | DIAM. EST. min | SPESSORE | TUBO E MANICOTTO peso |
|--------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------------|
| | [mm] | [mm] | [mm] | [Kg/m] |
| 3/8" | 17,5 | 16,7 | 2,3 | 0,845 |
| 1/2" | 21,8 | 21 | 2,6 | 1,220 |
| 3/4" | 27,3 | 26,5 | 2,2 | 1,570 |
| 1" | 34,2 | 33,3 | 3,2 | 2,430 |

| DIAM. | DIAM. EST. max | DIAM. EST. min | SPESSORE | TUBO E MANICOTTO peso |
|-------|-------------------|-------------------|----------|--------------------------|
| | [mm] | [mm] | [mm] | [Kg/m] |
| 1¼" | 42,9 | 42 | 3,2 | 3,130 |
| 1½" | 48,8 | 47,9 | 3,2 | 3,600 |
| 2" | 60,8 | 59,7 | 3,6 | 5,100 |
| 2½" | 76,6 | 75,3 | 3,6 | 6,540 |
| 3" | 89,5 | 87,8 | 4 | 8,530 |
| 4" | 115 | 113,1 | 4,5 | 12,500 |

Tutti i cambiamenti di direzione, le deviazioni e le riduzioni saranno realizzati con raccordi in ghisa malleabile a cuore bianco zincata.

Posa delle tubazioni - prescrizioni diverse

Salvo casi eccezionali, per i quali sarà chiesta esplicita autorizzazione, le tubazioni non potranno essere piegate o curvate.

Sulle tubazioni in vista sarà previsto, in corrispondenza di ogni saracinesca od apparecchiatura, apposito bocchettone MF a sede conica.

Sarà vietato l'uso di bocchettoni su tubazioni incassate.

Le tubazioni di distribuzione e le colonne montanti di acqua saranno libere di scorrere per assorbire le dilatazioni.

Particolare attenzione sarà fatta in corrispondenza degli stacchi delle tubazioni incassate nelle colonne montanti.

Tutte le colonne verticali saranno intercettabili mediante saracinesche e saranno munite di rubinetto di scarico alla base, con attacco portagomma.

Esse inoltre saranno sostenute ad ogni piano sulla soletta relativa; in nessun caso dovranno essere previsti ancoraggi sulle pareti tagliafuoco.

Le tubazioni saranno sostenute particolarmente in corrispondenza di connessioni con pompe e valvole, affinché il peso non gravi in alcun modo sui collegamenti.

Le tubazioni saranno posate con spaziature sufficienti a consentire lo smontaggio nonché la facile esecuzione del rivestimento isolante.

Nel caso di posa incassata in pavimento o a parete, le tubazioni saranno rivestite con guaine isolanti aventi inoltre la funzione di proteggere le superfici contro eventuali aggressioni di natura chimica e di consentire la dilatazione per variazioni di temperatura.

3.3.4 In acciaio zincato jutato e bitumato

Tubazioni in acciaio zincato non legato Fe 330 trafilato Mannesmann senza saldatura per reti gas. Le tubazioni saranno serie normale **UNI EN 10255** (ISO 65), zincate a caldo secondo **UNI EN 10240**.

Per questo tipo di tubazioni valgono tutte le indicazioni già indicate per le tubazioni in acciaio zincato.

Complete di rivestimento bituminoso esterno di tipo "pesante" a base dei seguenti strati (dall'interno verso l'esterno):

- fondo (pellicola di bitume)
- protettivo (strato di miscela bituminosa)
- 1ª armatura (strato di feltro di vetro impregnato di miscela bituminosa)
- 2ª armatura (strato di tessuto di vetro impregnato di miscela bituminosa)
- finitura (pellicola di idrato di calcio)

Bitume e miscela bituminosa avranno valori di punto di rammollimento alla temperatura esterna della zona di installazione.

Si dovrà fare molta attenzione nella posa in opera della tubazione per quanto riguarda la profondità di interrimento e gli eventuali parallelismi con altre tubazioni.

3.3.5 In acciaio inossidabile

Saranno in acciaio **AISI 304 (ASTMTP304)** elettrounite e calibrate, secondo norme **ASTM269**, sbulizzate in bianco e decapate. La raccorderia e le giunzioni saranno del tipo a saldare, per saldatura autogena all'arco elettrico, con speciali elettrodi in acciaio austenitico, rivestiti con materiale di protezione della saldatura. Non sono ammesse curvature a freddo o a caldo del tubo: si dovranno usare esclusivamente raccordi prefabbricati. I tratti da saldare dovranno essere perfettamente posti in asse ed allineati e la saldatura dovrà avvenire in più passate (almeno due) previa preparazione dei lembi con smusso a "V".

Tutte le variazioni di diametro dovranno essere realizzate con tronchi di raccordo conici, con angolo di conicità non superiore a 15 gradi.

Sono ammessi la prefabbricazione fuori cantiere di tratti con le estremità flangiate ed il successivo assiemaggio in cantiere dei tratti così flangiati, mediante bulloni pure in acciaio inox **AISI 304**.

Per l'esecuzione di collegamenti facilmente smontabili (ad esempio tubazioni-serbatoi o altre apparecchiature) si useranno esclusivamente giunzioni a flange.

3.3.6 Tubazione in rame ricotto 99.9 DHP - UNI EN 1057

Le tubazioni in rame, per le reti di distribuzione idrico-sanitario, riscaldamento e gas tecnici e/o medicali, saranno di tipo ricotto trafilato in rotoli a saldare, tipo CU DHP UNI EN 1057, esente da residui carboniosi, con superficie interna ed esterna dissossidata al fosforo.

La posa delle tubazioni dovrà essere realizzata mediante giunzioni saldobrasate di tipo dolce o forte tramite raccordi a saldatura capillare rispondenti alle UNI 8050 (80/87), con saldanti e desossidanti in base alle caratteristiche chimico-fisiche e destinazione d'uso del fluido convogliato.

Le tubazioni di distribuzione e le colonne montanti di acqua saranno libere di scorrere per assorbire le dilatazioni, e particolare attenzione sarà fatta in corrispondenza degli stacchi delle tubazioni incassate nelle colonne montanti.

Tutte le colonne verticali saranno intercettabili mediante saracinesche e saranno munite di rubinetto di scarico alla base, con attacco portagomma. Esse inoltre saranno sostenute ad ogni piano sulla soletta relativa; in nessun caso dovranno essere previsti ancoraggi sulle pareti tagliafuoco.

Le tubazioni saranno posate con spaziature sufficienti a consentire lo smontaggio nonché la facile esecuzione del rivestimento isolante.

Nel caso di posa incassata in pavimento o a parete, le tubazioni saranno rivestite con guaine isolanti aventi inoltre la funzione di proteggere le superfici contro eventuali aggressioni di natura chimica e di consentire la dilatazione per variazioni di temperatura.

I raccordi saranno di tipo a vite, i bocchettoni in rame, ottone, bronzo o misti.

Per la distribuzione dei gas compressi dovrà essere preventivamente sgrassata e lucidata.

I collegamenti sottotraccia dovranno essere realizzati in unico pezzo.

3.3.7 Tubazione in rame PER FLUIDI FRIGORIGENI – UNI EN 12735-1

Tubazione per allacciamento degli apparecchi per refrigerazione e condizionamento conforme alla UNI EN 12735-1, ricotto in rotoli o crudo in verghe, con saldatura di tipo brasatura forte EN 13133, per pressione di esercizio non inferiori a 40 bar, adatto a funzionamento con gas refrigerante specifico dell'impianto (R134A, R410A, ecc.).

I Sistemi di raccorderia per installazione su impianti di refrigerazione commerciale e condizionamento dell'aria civile ed industriale, saranno realizzati con tubo di rame senza saldatura conforme alla norma EN 12735-1 : 2001, per impiego con fluidi refrigeranti appartenenti al Gruppo II (così come definito nell'Articolo 9, Punto 2.2 della Direttiva 97/23/CE, con riferimento alla Direttiva 67/548/CEE).

Isolamento termico realizzato mediante guaina isolante conforme al regolamento europeo CEE/UE 2037/2000 (guaine coibenti espanse senza l'impiego di CFC e HCFC), avente le seguenti caratteristiche:

- rispondenza alle prescrizioni Legge 10/91 e ss.mm.ii
- conduttività termica a 0°C pari o inferiore a 0,035 W/(m K);
- Valore medio del fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo "μ" 13000;

- temperatura di esercizio compresa fra - 80°C e +105°C;
- classe di reazione al fuoco: classe 1.

Specifiche per i sostegni per i tubi in rame

- Tubi nudi rivestiti in opera: sostegni realizzati mediante collari reggitubo di materiale che non dia origine a fenomeni di ossidazione/corrosione nell'impiego a contatto con il rame. La continuità della coibentazione va assicurata anche in corrispondenza degli staffaggi mediante rivestimento della giunzione con guaina coibente o guscio preformato.
- Tubi preisolati: sostegni realizzati mediante collari reggitubo a stringere direttamente sul coibente.

Le distanze massime consentite fra due sostegni consecutivi sono le seguenti:

| Distanza massima consentita fra due sostegni orizzontali consecutivi per tubi in rame | | | |
|---|----------|------------|----------|
| DIAM. EST. TUBO | DISTANZA | DIAM. TUBO | DISTANZA |
| [mm] | [m] | [mm] | [m] |
| 6,4 | 0,80 | 25,4 | 1,50 |
| 9,5 | 1,00 | 28,6 | 1,60 |
| 12,7 | 1,10 | 31,8 | 1,70 |
| 15,9 | 1,25 | 34,9 | 1,80 |
| 19,1 | 1,35 | 38,1 | 1,85 |
| 22,2 | 1,45 | 41,3 | 1,90 |
| N.B. Per disposizione in verticale le distanze massime consentite possono essere incrementate del 40%. | | | |

3.3.8 In polietilene reticolato ad alto grado di reticolazione

Di colore bianco, a reticolo preordinato secondo metodo Engel, per piccoli diametri, atto a sopportare pressioni massime continue di almeno 10 kg/cm². Il tubo sarà di tipo "a memoria termica" tale cioè che, se riscaldato ad una temperatura dell'ordine di 130 °C, riassuma poi raffreddandosi la forma originaria.

La raccorderia sarà tutta del tipo a compressione, in ottone, analoga a quella usata per le tubazioni di rame. Per l'esecuzione di curve strette si useranno graffe a perdere.

Le giunzioni lungo le tubazioni dovranno essere assolutamente evitate per quanto possibile: qualora qualche giunzione fosse inevitabile, verrà eseguita con l'apposita raccorderia fornita dalla casa costruttrice del tubo ed accuratamente provata.

In tal caso la giunzione sarà posta in posizione facilmente ispezionabile.

3.3.9 In PVC per fluidi in pressione

Saranno in PVC rigido non plastificato, tipo 312 (per acqua potabile ed usi alimentari) delle serie seguenti:

- PVC-60 serie filettabile "gas" secondo UNI 7441, 7443 e F.A., 7447. La raccorderia sarà del tipo a vite e manicotto e la tenuta della giunzione sarà realizzata con interposizione di nastro PTFE (è vietato l'impiego di altri materiali di tenuta, quali canapa o mastici)
- PVC-100 serie metrica UNI 7441. I raccordi saranno conformi alle norme UNI 7442 realizzati per saldatura chimica delle parti mediante l'impiego di appositi collanti. L'incollaggio dovrà avvenire seguendo scrupolosamente le istruzioni del fabbricante e ponendo particolare attenzione ad evitare il rischio di formazione di miscele esplosive

Le tubazioni saranno PN 10 o PN 16 a seconda della pressione di esercizio. E' escluso l'impiego di tubazioni PN 6.

Per le diramazioni a T potranno usarsi anche prese a staffa.

Per i collegamenti che devono essere facilmente smontabili (connessioni con serbatoi, valvole ed altre apparecchiature) saranno utilizzati bocchettoni a tre pezzi o flange libere con tenuta ad anello O-Ring. Per il collegamento con tubazioni metalliche si utilizzeranno giunti a flange fisse o libere, oppure raccordi ad innesto rapido in ottone.

Per entrambe le serie saranno previsti giunti di dilatazione realizzati con raccordi bigiunto con tenuta ad O-

Ring.

3.3.10 In polietilene per fluidi in pressione

Le tubazioni saranno della serie **UNI 7611** tipo 312.

Per diametri fino a 110 mm (4") le giunzioni verranno realizzate mediante raccorderia del tipo a compressione con coni e filiere in ottone, conforme alle norme **UNI 7612**. Per diametri superiori la raccorderia e le giunzioni saranno del tipo a saldare; la saldatura dovrà essere del tipo a specchio eseguita con apposita attrezzatura elettrica seguendo scrupolosamente le prescrizioni del costruttore.

Le tubazioni saranno PN 10 o PN 16 a seconda della pressione di esercizio. E' escluso l'impiego di tubazioni PN 6.

Per le diramazioni a T potranno usarsi anche prese a staffa. Per il collegamento con tubazioni metalliche si utilizzeranno giunti a flange fisse o libere, oppure, per diametri fino a 4", giunti metallici a vite e manicotto.

3.3.11 In polietilene (per scarichi)

I tubi in materiale plastico saranno in polietilene rigido (Pead) ad elevata densità ($0,955 \text{ g/cm}^3$ a 20°C), di colore nero, con un campo di applicazione pratico da -20°C fino a punte di $+100^\circ\text{C}$ (**ISO R 161**).

I raccordi, sempre realizzati nel medesimo materiale, ricavati per fusione sotto pressione dovranno avere le basi rinforzate (spessore maggiorato), questo per consentire:

- un riscaldamento più lento del raccordo ed una migliore compensazione in caso di carichi termici irregolari
- nessuna deformazione del raccordo ad opera delle forze conseguenti alla dilatazione ad elevata temperatura

I tubi ed i raccordi saranno uniti esclusivamente mediante processo di saldatura per polifusione senza ausilio di altri materiali o di mastici, sigillanti o simili; tale saldatura potrà essere realizzata o mediante unione di testa a specchio oppure per mezzo di manicotti (anch'essi a spessore maggiorato) a saldatura elettrica con resistenze annegate nell'interno dello stesso.

Particolare attenzione andrà posta al problema delle dilatazioni dei tubi che devono essere assorbite secondo le indicazioni della casa fornitrice.

3.3.12 In polipropilene fonoisolante

Le tubazioni fonoisolanti saranno in astolan (polipropilene con carica minerale) resistenti all'acqua calda con densità $\sim 1,9 \text{ g/cm}^3$ di colore grigio. Tubi, raccordi e guarnizioni saranno idonei al trasporto di acque di scarico chimicamente aggressive comprese tra pH 2 e pH 12.

I tubi ed i raccordi saranno uniti con raccordi a bicchiere del tipo bigiunto speciale con compensatore di dilatazione in grado di assorbire una dilatazione termica massima di 10mm per una lunghezza utile di 3m.

3.3.13 In acciaio dolce mannesman pressfitting

Le tubazioni saranno in acciaio dolce, adatte sia per impianti di riscaldamento che per impianti di condizionamento, avranno stato superficiale e tolleranze a norma DIN 2394, con un campo di applicazione pratico fino ad una Temperatura max di esercizio pari a 110°C , e ad una pressione max di esercizio pari a 16 bar.

Per diametri maggiori di DN 50 le tubazioni saranno in acciaio al Cr-Ni secondo DIN EN 10088.

Le tubazioni sono da installarsi con giunzioni di testa indissolubili, tramite raccordi pressfitting Mannesmann, dello stesso acciaio impiegato per i tubi, con l'utilizzo di strumenti a pressione secondo le indicazioni del produttore del tubo stesso. Saranno inoltre dotate di protezione esterna contro la corrosione, con strato di fondo e strato compatto di polipropilene estruso, densità 0.9 g/cm^3 , conduttività termica 0.22 W/mK .

Particolare attenzione andrà posta al problema delle dilatazioni dei tubi che devono essere assorbite secondo le indicazioni della casa fornitrice.

3.3.14 Isolamenti

L'isolamento di tutte le tubazioni dovrà rispondere ai requisiti riportati al regolamento di esecuzione della Legge 10/91- DPR 412/93, nonché alle normative vigenti in fatto di prevenzione incendi in funzione del luogo di installazione; dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui al DM 15 marzo 2005 e ss.mm.ii.

Non sono ammessi materiali con classe di reazione al fuoco superiore a 1 secondo la normativa Italiana.

Inoltre ed in particolare, in tutti i luoghi classificabili a maggior rischio in caso di incendio ai sensi della CEI 64.8 e soggetti ad elevato affollamento o ad elevato rischio per le persone (ospedali, scuole, locali di pubblico spettacolo, aree di vendita al dettaglio, e assimilabili) tutti gli isolanti dovranno essere in esecuzione "halogen free" (esente da alogeni) e privi di PVC e altri composti alogenati (ad es. CFC, HCFC), in conformità alla DIN/VDE0472-815

Nella scelta dei materiali isolanti si procederà in modo che la temperatura superficiale del rivestimento isolante non sia mai superiore a 40 °C nel convogliamento di fluidi caldi. Le tubazioni convoglianti fluidi caldi / freddi dovranno essere isolate con materiali e spessori adatti per entrambe le funzioni. In mancanza di indicazioni diverse, gli isolamenti per tubazioni fredde dovranno garantire l'assenza di condensazione superficiale per ambienti con temperatura / UR pari a 26/65%.

Il rivestimento isolante sarà eseguito solo dopo le prove di tenuta e dopo l'approvazione della campionatura presentata alla direzione lavori.

Il rivestimento sarà continuo, senza interruzione in corrispondenza di supporti e/o passaggi attraverso muri e solette e sarà eseguito per ogni singolo tubo.

In particolare nel caso di isolamento di tubazioni convoglianti acqua refrigerata o fredda sarà garantita la continuità della barriera vapore e, pertanto, l'isolamento non dovrà essere interrotto nei punti in cui la tubazione appoggia sui sostegni: dovranno, pertanto, essere previsti anelli o semianelli di sughero o altro isolante ad alta densità, nelle zone di appoggio del tubo sul sostegno. Gli anelli dovranno poggiare su gusci in lamiera posti all'esterno della tubazione isolata.

L'isolamento di componenti smontabili sarà realizzato in modo che, in fase di manutenzione, sia consentito lo smontaggio dei componenti stessi senza deteriorare l'isolamento.

Sono di seguito indicate, in linea di massima, le esecuzioni per la realizzazione degli impianti: la ditta dovrà in ogni caso far riferimento alle indicazioni riportate nei manuali tecnici del fornitore e nei singoli elaborati di progetto.

Isolamento in lana di vetro per acqua calda

- coppelle o materassino in lana di vetro
- isolamento in coppelle o materassino di lana di vetro con finitura in alluminio
- lana di vetro, densità 60 kg/m³ secondo norme [UNI 6824](#), temperatura limite di impiego 400 °C, con tasso di infiltrato 0%, secondo [UNI 6823](#). Calore specifico 0.2 kcal/kg °C; prestazioni termiche secondo norme [DIN 52613](#), classe 0 "non combustibile" secondo procedura [ISO DIS 1182.2](#)

L'isolamento sarà completo di legatura in ferro zincato o rete zincata, con successiva finitura in lamierino di alluminio di spessore 6/10 mm.

Isolamento in guaina o lastra in elastomero per acqua calda

Isolamento con guaina flessibile a cellule chiuse per tubazioni acqua calda, a base di gomma sintetica (elastomero), prodotto per estrusione e successiva vulcanizzazione.

Idoneo per temperature del fluido fino a +105 °C; conduttività termica 0,0405 W/mK alla temperatura media di 50 °C secondo norma UNI CTI 7891, resistenza al fuoco classe 1, isolamento acustico secondo [DIN 52218](#) e resistente all'invecchiamento, sgretolamento, putrefazione.

Con finitura in alluminio. L'alluminio sarà di spessore 6/10 mm per diametri finiti sino a 200 mm e 8/10 per diametri superiori.

Isolamento in guaina o lastra in elastomero per acqua fredda

Isolamento con guaina flessibile a cellule chiuse per tubazioni acqua refrigerata, a base di gomma sintetica (elastomero), prodotto per estrusione e successiva vulcanizzazione.

Idoneo per temperature del fluido da -40 °C fino a 105 °C; fattore di permeabilità al vapore ≥ 7.000 , resistente all'invecchiamento, sgretolamento, putrefazione, conforme alla norma [DIN 53428](#).

Con eventuale finitura in alluminio. L'alluminio sarà di spessore 6/10 mm per diametri finiti sino a 200 mm

e 8/10 per diametri superiori.

Isolamento pompe - valvolame e pezzi speciali

Per tubazioni di acqua refrigerata, per tutte quelle soggette a condensazione e per le tubazioni poste all'esterno dovranno essere isolati valvole, compensatori di dilatazione, filtri ad Y e simili. Il materiale usato sarà lo stesso di quello delle rispettive tubazioni.

Il tipo di isolamento sarà omogeneo a quello del circuito in cui è inserito il pezzo; per le valvole, saracinesche e filtri dovranno essere previste scatole smontabili.

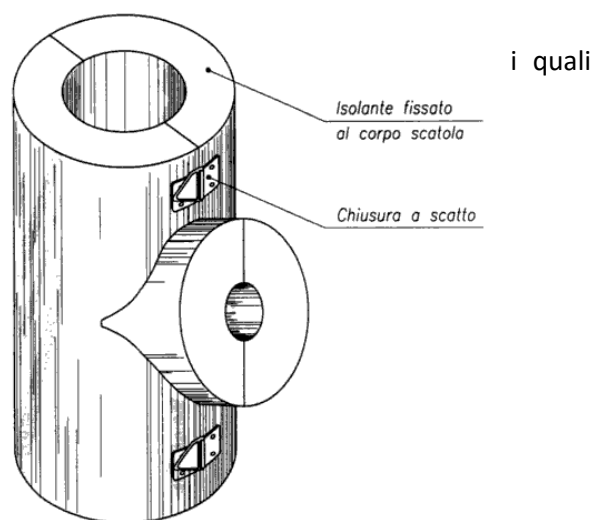
Nel caso di tubazioni isolate con neoprene o polietilene espanso, potrà venire usato nastro apposito, dello spessore di alcuni millimetri, costituito da un impasto di prodotti bituminosi e granuli di sughero, disposto in più strati, fino a raggiungere uno spessore pari a quello dell'isolamento della tubazione.

La finitura esterna dell'isolamento sarà dello stesso tipo di quella delle relative tubazioni, realizzata in modo da poter essere facilmente smontata senza distruggerla (gusci chiusi con clips). Ovunque possibile verranno utilizzate scatole di isolamento fornite dal costruttore del valvolame.

Se richiesto, l'isolamento dei componenti per acqua refrigerata sarà realizzato con gusci di alluminio, entro verrà schiumato in loco del poliuretano espanso.

Rimarranno fuori del guscio i dadi dell'eventuale premistoppa (o i tappi dei filtri ad Y).

In ogni caso l'isolamento (e la relativa finitura) di valvolame, filtri, ecc., dovrà essere realizzato, ove sussistano pericoli di condensa (acqua fredda e/o refrigerata) e nel caso di apparecchiature soggette a pioggia o a gocciolamenti, in modo da essere assolutamente stagno, impermeabile all'acqua ed al vapore, ricorrendo esclusivamente all'uso di sigillanti siliconici o poliuretanici di tutti i punti ove ciò sia necessario.



3.3.14.1 Certificazioni

I materiali realizzati in conformità a direttive nazionali o internazionali (UNI EN ecc.) dovranno riportare una marcatura e dovranno essere accompagnati da idoneo certificato. Le caratteristiche di reazione al fuoco dovranno essere certificate da un istituto autorizzato: copia del certificato di prova dovrà accompagnare la fornitura del materiale.

3.3.14.2 Posa in opera

Seguire le raccomandazioni del fornitore.

3.3.14.3 Verifiche e collaudi in cantiere

Accertamento di conformità tecnica.

isolamento pompe

Le pompe che adducono acqua refrigerata dovranno essere isolate: i gusci di isolamento potranno essere prodotti dalle stesse case produttrici delle pompe oppure potranno essere realizzati in lastre di gomma sintetica espansa (neoprene). Dovranno essere coibentate tutte le superfici "fredde" delle pompe ad eccezione dei motori ventilati che non dovranno essere coibentati.

La finitura esterna dell'isolamento sarà dello stesso tipo di quella delle relative tubazioni, realizzata in modo da poter essere facilmente smontata senza distruggerla (gusci chiusi con clips). In particolare verranno realizzate scatole in alluminio spessore 6/10 mm realizzate con sistema di fissaggio a mezzo clips e cerniere. Ovunque possibile verranno utilizzate scatole di isolamento fornite dal costruttore del valvolame.

3.3.14.4 Certificazioni

I materiali realizzati in conformità a direttive nazionali o internazionali (UNI EN ecc.) dovranno riportare una marcatura e dovranno essere accompagnati da idoneo certificato. Le caratteristiche di reazione al fuoco dovranno essere certificate da un istituto autorizzato: copia del certificato di prova dovrà accompagnare la fornitura del materiale.

3.3.14.5 Posa in opera

Seguire le raccomandazioni del fornitore delle pompe (nel caso di gusci presagomati) oppure del produttore dell'isolamento nel caso dell'uso di lastre di elastomero.

3.3.14.6 Verifiche e collaudi in cantiere

Accertamento di conformità tecnica.

3.4 Mensolame per canali e tubazioni – prescrizioni antisismiche

3.4.1 generalità

Nella realizzazione dei sistemi di supporto, staffaggio, guida e contenimento a servizio di tubazioni, condotti e canalizzazioni, dovranno essere tenuti in considerazione i vincoli e le prescrizioni necessarie ad assicurare la compatibilità statica e sismica degli stessi, adeguando la realizzazione agli std strutturali del fabbricato servito. Tale conformità dovrà essere dimostrata in fase costruttiva dall'esecutore delle opere, con adeguate schede tecniche e calcoli esecutivi sviluppati sulla scorta delle tipologie di sistemi effettivamente adottati in fase costruttiva.

I dimensionamenti e le verifiche dovranno uniformarsi alle prescrizioni delle norme sismiche italiane (Ordinanza PCM n° 3432 del 04/05/05; DM 23/09/05; DM 14/01/08; Circolare n° 617 del 02/02/09), che contengono prescrizioni esplicite per la progettazione e l'ancoraggio sismico di sistemi e componenti non strutturali ovvero secondari.

In particolare, con riferimento al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (e ss. mm. ii.), sono state approvate le Norme Tecniche per le Costruzioni, da cui si traggono le seguenti prescrizioni minime di approccio:

- Principi Fondamentali - SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE per gli impianti tecnologici e per altri componenti, non appartenenti alla struttura con capacità portanti, si ha la seguente prescrizione di carattere generale:

“...1 componenti, sistemi e prodotti, edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.....equiparando così gli elementi non-strutturali a quelli strutturali per quanto attiene il livello di sicurezza e per le prestazioni.

- 7.2.4 - Criteri di progettazione degli impianti - PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE - prescrizioni inerenti il calcolo degli elementi funzionali costituenti gli impianti tecnologici e di collegamento di questi ultimi alla struttura portante:

Gli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto tra loro e alla struttura principale devono essere progettati seguendo le stesse regole adottate per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale L'effetto dell'azione sismica sull'impianto, in assenza di determinazioni più precise, può essere valutato considerando una forza (F_a) applicata al baricentro di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto, calcolata utilizzando le equazioni (7.2.1) e (7.2.2). Gli eventuali componenti fragili debbono essere progettati per avere resistenza doppia di quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con fattore di struttura q pari ad 1.

Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì debbono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione $T \geq 0,1$ s. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto debbono essere flessibili e non possono far parte del meccanismo di

vincolo.

Deve essere limitato il rischio di fuoriuscite incontrollate di gas, particolarmente in prossimità di utenze elettriche e materiali infiammabili, anche mediante l'utilizzo di dispositivi di interruzione automatica della distribuzione del gas. I tubi per la fornitura del gas, al passaggio dal terreno alla costruzione, debbono essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi costruzione terreno dovuti all'azione sismica di progetto."

3.5 Valvolame ed accessori di linea

Tutte le valvole (di intercettazione, di regolazione, di ritegno e di sicurezza), le saracinesche, i rubinetti, i giunti antivibranti, i giunti di dilatazione, i filtri ad Y, ecc. dovranno essere adatti alle pressioni e temperature di esercizio e in ogni caso non sarà ammesso l'impiego di valvolame con pressione nominale inferiore a PN 10 e temperatura max di esercizio inferiore a 110 °C. La flangiatura dovrà corrispondere a una pressione nominale non inferiore a quella della valvola. Tutto il valvolame, le flange, le filettature, il materiale di costruzione dovrà corrispondere alle norme UNI applicabili.

Tutto il valvolame sarà marchiato sul corpo e la marchiatura dovrà riportare almeno il nome del costruttore, il diametro nominale (DN), la pressione nominale (PN), e il materiale di costruzione (es. GG25, GGG40, ecc.). Le valvole a flusso avviato dovranno riportare anche una freccia indicativa del verso del flusso.

Tutto il valvolame flangiato sarà completo di controflange, bulloni e guarnizioni (comprese nel prezzo unitario).

Le valvole saranno in ogni caso del tipo con attacchi flangiati per diametri nominali superiori a DN 50 (a meno di esplicite indicazioni diverse riportate sui documenti di progetto); per diametri inferiori o uguali potranno essere impiegate valvole con attacchi filettati.

Nel caso una valvola con attacchi filettati venga utilizzata per intercettare un'apparecchiatura, il collegamento dovrà avvenire mediante giunti a tre pezzi per consentire lo smontaggio.

In ogni caso (sia per valvolame flangiato che filettato), se il diametro della valvola differisce da quello delle tubazioni o delle apparecchiature a cui la stessa viene collegata, verranno utilizzati tronchetti conici di raccordo con conicità non superiore a 15 °C.

3.5.1 Valvolame di intercettazione e di ritegno

Per tutti i circuiti per cui è prevista, oltre alla possibilità di intercettazione, anche la necessità di effettuare una regolazione della portata, dovranno essere installate valvole di regolazione.

Nei circuiti che trasportano acqua calda fino a 100 °C e acqua fredda (riscaldamento, raffrescamento, acqua potabile, acqua calda sanitaria, etc.) le valvole a sfera o altri tipi di valvola a chiusura rapida potranno essere impiegate solo per diametri fino a DN 50.

Per quanto riguarda le valvole di intercettazione, di non ritorno, filtri ad "Y" e altro, valgono le prescrizioni indicate di seguito:

- valvole di intercettazione a flusso avviato per fluidi con temperatura fino a 100 °C con corpo in ghisa Meehanite GG25, asta in acciaio inossidabile, tappo rivestito in gomma idonea per temperature fino a 120 °C, tenuta sull'asta con O-Ring esente da manutenzione e volantino di comando
- valvole a farfalla esenti da manutenzione in esecuzione wafer monoflangia con farfalla bidirezionale per temperature fino a 120°C - PN 16, corpo in ghisa GGG40, verniciatura epossidica, albero in acciaio inox, disco in ghisa GGG40 rivestito in PVDF e tenuta in EPDM vulcanizzato, con pressione differenziale di tenuta pari al 100% (16 ate)
- saracinesche a corpo piatto per fluidi con temperatura fino a 100 °C con corpo in ghisa Meehanite GG25, asta in acciaio inossidabile, cuneo in ghisa, tenuta con O-Ring esente da manutenzione e volantino di comando
- valvole a sfera a passaggio totale per pressioni nominali fino a PN 10 con corpo in ottone cromato sfera in acciaio inox guarnizioni in teflon (PTFE) leva in acciaio o in duralluminio plastificato
- valvole a sfera a passaggio totale per pressioni nominali fino a PN 40 con corpo in acciaio al

carbonio, sfera in acciaio inox AISI 304 guarnizioni in teflon (PTFE) leva in acciaio

- valvole di intercettazione a flusso avviato per fluidi con temperatura superiore a 100 °C con corpo in ghisa Meehanite GG25 (per temp. max 300 °C) o ghisa sferoidale GGG40 o acciaio al carbonio, asta in acciaio inossidabile, sede e otturatore in acciaio inox al Cr, tenuta con soffietto metallico in acciaio inox X10 Cr Ni Ti 18.9 oppure AISI 304 e volantino di comando
- valvole di regolazione/taratura a flusso avviato corrispondenti alle valvole di intercettazione a flusso avviato precedentemente indicate, rispettivamente per i fluidi con temperatura fino a 100 °C e per quelli a temperatura superiore, ma complete di indicatore di apertura con scala graduata, dispositivo di bloccaggio della posizione di taratura, attacchi per il manometro di controllo con rubinetti di fermo

Le valvole di regolazione/taratura saranno accompagnate da diagramma o tabella, forniti dal costruttore che, per ogni posizione, indichino la caratteristica portata - perdita di carico.

In posizione di totale apertura le valvole di regolazione non dovranno introdurre perdite di carico superiori al 5% della prevalenza della pompa del circuito in cui sono inserite.

Le caratteristiche di regolazione delle valvole a flusso avviato saranno lineari.

- valvole di ritegno a flusso avviato a tappo per fluidi con temperatura fino a 100 °C con corpo in ghisa Meehanite GG25 e tappo rivestito in gomma idonea per temperature fino a 120 °C. Le valvole di ritegno saranno adatte per la posizione di montaggio (orizzontale o verticale)
- valvole di ritegno a clapet per fluidi con temperatura fino a 100 °C con corpo in ghisa, clapet con guarnizione in gomma idonea per temperature fino a 120 °C e sede di tenuta sul corpo con anello in bronzo. Le valvole di ritegno saranno adatte per la posizione di montaggio (orizzontale o verticale)
- valvole di ritegno a disco per installazione in qualunque posizione con molla di contrasto, tenuta morbida in EPDM per temperature fino a 150°C PN 16, interposta a flange
- valvole di ritegno a flusso avviato a tappo per fluidi con temperatura superiore a 100 °C con corpo in ghisa Meehanite GG25 (per temp. max 300 °C) o ghisa sferoidale GGG40 o acciaio al carbonio, sede e tappo otturatore in acciaio inox al Cr. Le valvole di ritegno dovranno essere idonee per la posizione di montaggio (orizzontale o verticale)

3.5.2 Radiatori elettrici ad elementi tubolari monoblocco tipo arredobagno

I radiatori elettrici in acciaio, ad elementi tubolari compatti, costruiti per una pressione di esercizio di almeno 6 kg/cm², saranno completo di tappi ciechi e mensole di sostegno, di resistenza elettrica per il funzionamento mediostagionale ed invernale comandata da cronotermostato interno.

Dovranno essere documentate le emissioni termiche nominali valutate secondo le norme UNI – CTI, e le rese termiche esposte in contabilità e sui disegni dovranno essere quelle valutate secondo UNI.

L'esecuzione estetica, con già verniciatura a fuoco dal produttore, avrà i colori definiti a scelta dalla DL

3.6 sistemi di sollevamento

3.6.1 Elettropompe sommerse per acque di rifiuto

Gruppo di sollevamento e drenaggio acque non cariche (pluviali e simili), con due pompe di tipo sommergibile, ciascuna costituita da:

- motore elettrico monofase stagno con grado di protezione non inferiore a IP 58, in classe di isolamento F, con albero su almeno due cuscinetti a sfere non necessitanti di manutenzione e sonde termiche di protezione dal surriscaldamento, a reinserzione automatica;
- girante centrifuga (adatta a convogliare anche piccoli corpi solidi e/o fibrosi in sospensione), ad alto rendimento e corpo pompa in materiale fortemente resistente all'usura ed alla corrosione, ad esempio tecnopolimero o ghisa, oppure, per la girante, acciaio inossidabile;
- albero monoblocco in acciaio inox, con tenute meccaniche non necessitanti di manutenzione;
- verniciatura esterna in più mani (previo trattamento di fondo) a base di clorocaucciù o di resine epossidiche;
- viteria completamente inox;

- sistema di fissaggio, con esclusione di componenti in ferro nero.

Ogni pompa sarà corredata di:

- sistema di smontaggio, rimozione e sollevamento semplice e rapido, senza alcuna parte in acciaio nero, neppure se verniciato;
- accessori di montaggio vari;
- valvola di ritegno in ghisa grigia a clapet di diametro non inferiore a 1 1/4", in ogni caso con otturatore completamente rivestito in materiale gommoso ad elevata resistenza. Bulloneria interamente inox;
- tubazioni di cacciata in polietilene HD rigido, PN10, con collegamenti flangiati, fino a fuori del pozzo, completa di staffaggi e supporti in acciaio zincato.

Il gruppo dovrà essere corredato di sistema di interruttori automatici a galleggiante a mercurio, adeguatamente fissati ai tubi di mandata delle pompe oppure alla parete del pozzo, il tutto completo di ogni accessorio (gli interruttori di livello delle pompe saranno installati e tarati in modo da ottenere un corretto intervento sequenziale delle pompe), nonché di quadro elettrico "di bordo" (nel senso di "dedicato", installato in prossimità del gruppo) e di linee di collegamento (potenza, segnali, terra) fra quadro e gruppo. Il quadro, salvo specifiche indicazioni diverse, sarà del tipo ad armadio a muro con carpenteria, in acciaio zincato e verniciato a forno (o in epossidico) oppure in robusta materia plastica in ogni caso con grado di protezione non inferiore ad IP-44 (IP-20 a quadro aperto).

Esso conterrà (oltre all'interruttore generale) gli organi di comando, protezione e sicurezza delle pompe e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- selettore per ogni pompa a tre posizioni Man - o - Aut;
- spie di servizio per ogni pompa, per azionamento manuale, per azionamento in automatico e per allarme di guasto;
- presenza di un allarme per massimo livello acqua nel pozzo di alloggiamento pompe, derivato dai sistemi a galleggiante di azionamento pompe o da galleggiante autonomo;
- presenza di un segnale acustico riepilogativo di allarme;
- presenza di un sistema di commutazione automatica dell'ordine di inserzione delle pompe;
- presenza di contatti privi di tensione per riporto a distanza di una segnalazione di allarme riepilogativa.

Il sistema elettrico sarà infine completo di linee di collegamento di potenza, di terra e di trasmissione segnali (in cavo elettrico adeguato) fra quadro e utenze (pompe, interruttori a galleggiante, etc.) posti in opera entro tubazioni in pvc rigido filettabile pesante; l'ingresso dei cavi nei motori sarà protetto con colata di resina o sistema analogo.

Caratteristiche tecniche:

- temperatura di esercizio: da -20°C a +50°C;
- tensione di alimentazione: 230V monofase c.a. (+/-10%);
- frequenza 50Hz;
- motore con classe di isolamento F e grado di protezione non inferiore a IP58.

3.6.1.1 norme di riferimento e certificazioni

- L'apparecchiatura dovrà essere marchiata CE. I materiali realizzati in conformità a direttive nazionali o internazionali (UNI EN ecc.) dovranno riportare una marcatura e/o dovranno essere accompagnati da idoneo certificato.
- L'installatore dovrà fornire le curve caratteristiche di funzionamento delle varie elettropompe con i relativi assorbimenti elettrici.

3.6.1.2 posa in opera

Le tubazioni ed il valvolame non devono gravare sulle bocche dei circolatori e lo staffaggio deve essere esser concepito e realizzato in maniera da rendere semplice l'accesso ai vari organi sia per le manovre durante l'esercizio, che durante le operazioni di manutenzione.

3.6.1.3 verifiche di accettazione e di collaudo in cantiere

- marcatura CE – dichiarazione di conformità del costruttore – manuale di installazione, uso e manutenzione

3.7 Apparecchiature di controllo, sicurezza e regolazione

Le apparecchiature di controllo, sicurezza e regolazione saranno della migliore qualità esistente in commercio, senza alcun difetto e lavorate secondo le regole d'arte e delle più qualificate marche del settore.

Prima del loro impiego le apparecchiature dovranno ottenere l'approvazione della **DL** in relazione alla loro rispondenza ai requisiti di qualità, idoneità, durabilità e applicazione delle presenti specifiche tecniche con riferimento particolare alla rispondenza alle norme previste per l'installazione in cantiere.

3.7.1 Apparecchiature di controllo

Termometri a quadrante a dilatazione di mercurio - con scatola cromata minimo 130 mm, avranno i seguenti campi:

- $0 \div 120$ °C per l'acqua calda
- $-12 \div 40$ °C per l'acqua refrigerata e l'aria
- $0 \div 200$ °C per l'acqua surriscaldata e vapore

Devono consentire la lettura delle temperature con la precisione di 0,5 °C per l'acqua fredda e di 1 °C per gli altri fluidi. Dovranno essere conformi alle prescrizioni ANCC/ISPESL

In linea di massima andranno posti:

- all'ingresso ed all'uscita dell'acqua (o del vapore) in ciascuna batteria dei condizionatori, in batterie di post-riscaldamento di zona, in ciascuno scambiatore di calore
- a valle di ogni valvola miscelatrice
- ai collettori di partenza e ritorno dei vari fluidi
- in tutte le apparecchiature ove ciò sia indicato nei disegni di progetto o prescritto in qualche altra sezione delle presenti specifiche tecniche

I **termometri** avranno la cassa in alluminio fuso/ottone cromato resistente alla corrosione e saranno completi di ghiera porta-vetro nello stesso materiale (a tenuta stagna) e vetro. Il quadrante sarà in alluminio, con numeri litografati o riportati in maniera inalterabile.

Quelli per montaggio su tubazioni o canali saranno del tipo a bulbo rigido, completi di pozzetto rigido da immergere nel tubo o canale ed attacco del bulbo al pozzetto mediante flangia o mediante manicotto filettato.

Sotto ogni termometro sarà posta una targhetta indicatrice della temperatura da esso rappresentata. Il prezzo della piastra di sostegno si intende compreso nel costo del condizionatore.

I pozzetti ed i bulbi saranno eseguiti in modo tale da garantire prontezza e precisione nella lettura.

manometri - Tutte le elettropompe (nel caso di pompe singole) o i gruppi di elettropompe saranno provvisti di attacchi per manometro (con rubinetti di fermo).

Se richiesto, il manometro (con scala adeguata) sarà installato stabilmente e in questo caso il manometro per il controllo della prevalenza utile sarà del tipo "bourdon" con cassa in alluminio fuso o cromato resistente alla corrosione, ghiera dello stesso materiale a perfetta tenuta, quadrante in alluminio bianco, con numeri litografati o comunque riportati in maniera indelebile; sarà fissato in modo stabile, su una piastra di alluminio, di adeguato spessore.

pozzetti termometrici di controllo secondo norme ISPESL, attacco in ottone filettato 1/2", per l'inserimento nelle tubazioni di acqua calda e surriscaldata.

contatori di calore volumetrici completi di sonde al platino ed unità di calcolo a microprocessore con interfaccia ottica per la rilevazione dei dati e schede accessorie per la trasmissione dei dati a distanza a sistemi di gestione centralizzata.

Funzionamento mediante misura continua di portata e temperature di mandata e ritorno del circuito monitorato.

Le apparecchiature saranno omologate e legalizzate singolarmente da una stazione di prova riconosciuta dallo Stato.

Ogni contatore sarà tarato e omologato completo di sonde e con queste fornito per l'installazione in cantiere, onde evitare errori nella previsione dell'apparecchio.

La sicurezza dell'apparecchio va garantita da memorie permanenti, anche in mancanza di alimentazione, che conservino i dati rilevati, anomalie e guasti dell'apparecchio segnalati dagli autocontrolli periodici.

La qualità del fluido termovettore e la sua conducibilità non dovranno influenzare la precisione del funzionamento dei contatori.

La costruzione avverrà con materiali di qualità, resistenti alle temperature di impiego del circuito monitorato.

Gli attacchi saranno filettati ovvero flangiati a norma UNI-DIN, il PN sarà non inferiore a quello del valvolame impiegato nel circuito monitorato.

I contatori saranno di tipo volumetrico a contatto in versione Wolt Man, con funzionamento completamente a secco.

Adatti ad installazione orientata in qualsiasi direzione.

Trasmettitori a contatto reed di tipo a tenuta stagna, sostituibili senza rompere il sigillo di taratura e legalizzazione.

3.7.2 Apparecchiature di sicurezza

Termostati - il controllo della temperatura in condotte d'aria o tubazioni d'acqua, del tipo ON/OFF, sarà effettuato tramite termostati aventi le seguenti caratteristiche:

- elemento sensibile a bulbo (per termostati a capillare)
- elemento sensibile a carica liquida con polmone a tensione di vapore (per termostati ambiente)
- elemento sensibile a bulbo rigido (per termostato ad inserzione diretta)
- campo di funzionamento adeguato alle escursioni della variabile controllata
- differenziale fisso o regolabile fra gli stadi
- capillare di collegamento a bulbo o di media
- riarmo manuale o automatico in funzione dell'utilizzo
- interruttore/i micro SPDT (in deviazione), con portata dei contatti 15 A a 220 V
- custodia con grado di protezione IP 30

Umidostati - la regolazione a due posizioni dell'umidità avverrà per mezzo di umidostati da ambiente o da canale aventi le seguenti caratteristiche:

- elemento sensibile a capelli (per umidostato da parete)
- elemento sensibile a fibra sintetica (per umidostato da condotte)
- campo di misura 0÷90% UR (ambiente), 35÷95% UR (condotte)
- differenziale fisso o regolabile fra gli stadi
- interruttore/i SPDT (in deviazione)
- custodia con grado di protezione IP 20 (per umidostato ambiente), IP 65 (per umidostato da condotte)
- manopola esterna

Pressostati differenziali - il controllo di pressioni d'aria positive, negative o differenziali, verrà realizzato mediante pressostati differenziali per aria aventi le sottoindicate caratteristiche:

- elemento sensibile a diaframma
- campo di misura adeguato alle escursioni della variabile controllata
- differenziale fisso o a riarmo manuale
- interruttore micro SPDT (in deviazione)

Flussostati - per il controllo del flusso dell'aria o dell'acqua in canali d'aria o tubazioni, si utilizzeranno flussostati aventi le caratteristiche sottoriportate:

- paletta in acciaio inox per aria, in bronzo fosforoso o in acciaio inox per acqua (in funzione della temperatura del fluido) per tubazioni da 1" a 8"
- attacchi 1" NPT maschio

- interruttore micro SPDT (in deviazione) portata dei contatti 15 A/220V
- grado di protezione IP 43 (aria o acqua), IP 66 (acqua)

Unità periferiche per condizionamento - il controllo degli impianti sarà effettuato tramite unità periferiche a microprocessore, per la regolazione automatica di tipo digitale diretto (DDC), aventi le seguenti potenzialità di base:

- possibilità di centralizzazione senza dover modificare l'hardware in campo
- possibilità di configurare o modificare le funzioni gestite dalla periferica mediante software, senza modificare l'hardware
- espandibilità

Le unità potranno essere usate in modo autonomo o essere allacciate ad un sistema di supervisione mediante una linea di comunicazione seriale ad alta velocità (almeno 9600 baud).

Tutte le funzioni di controllo saranno garantite indipendentemente dal funzionamento della comunicazione con il sistema di supervisione.

L'unità periferica sarà dotata di display per la visualizzazione in loco delle variabili logiche, analogiche e relativi allarmi.

Le funzioni da garantire, dovranno includere almeno quanto segue:

- anelli di regolazione (P, PI, PID, ON/OFF)
- attivazione anelli di regolazione in funzione di variabili logiche
- selezione di minima
- selezione di massima
- media
- entalpia C/F
- ritardatura in funzione di una spezzata
- selezione di un ingresso analogico in funzione di stati logici
- formula di calcolo dotata di costanti onde permettere una maggior flessibilità di impiego
- temporizzazione di tipologia varia (ritardata all'apertura o alla chiusura, con o senza memoria, ad impulso, con ingresso di reset)
- relazioni logiche realizzabili mediante funzioni del tipo AND, OR, NOT
- scelta del regime di funzionamento, degli anelli di regolazione (comfort, occupato/non occupato, giorno/notte), in funzione dello stato di variabili logiche

3.8 Attrezzature antincendio

3.8.1 Estintore

Estintore d'incendio portatile, a norme UNI EN 3, di tipo omologato, completo di:

- valvola ad otturatore con comando a leva o grilletto
- sicura contro le manovre accidentali
- manometro di controllo
- manichetta e lancia di erogazione (per capacità maggiore di 3 kg)
- supporto per applicazione a parete
- targa di identificazione applicata al corpo estintore
- cartello di segnalazione a parete.

Deve essere di tipo approvato dal Ministero dell'Interno secondo il DM 20 dicembre 1982 ed avere superato la prova di dielettricità. Gli estremi dell'approvazione devono apparire sulla targa. Cariche nominali conformi ai valori raccomandati della UNI EN3-4 (2,6,9,12 kg).

3.8.2 Cassetta antincendio completa

Cassetta antincendio, di tipo unificato UNI 45, da incasso o da esterno, secondo quanto richiesto, costituita essenzialmente da: cassetta metallica in lamiera di acciaio verniciato, con caratteristiche e dimensioni conformi alla UNI EN 671-2, con porta apribile con vetro frangibile con idrante da 1" ½ in bronzo con volantino e raccorderia, di tubo di nylon gommato da 20 metri UNI 9487, con lancia e bocchello in

materiale plastico, a getto regolabile con rubinetto di esclusione, completo di raccorderia, cartellonistica di individuazione di caratteristiche conformi alle indicazioni del D.Lgs. 493/96.

3.8.3 Cassetta portanaspo completa

Cassetta porta naspo di tipo unificato, da incasso o da esterno, secondo quanto richiesto, costituita essenzialmente da: cassetta metallica in lamiera di acciaio verniciato rosso, in lamiera di acciaio 10/10, con caratteristiche e dimensioni conformi alla UNI EN 671-1, con porta apribile a 180° con vetro frangibile o con porta in acciaio completa di serratura e dispositivo di apertura di emergenza con protezione frangibile, bobina portanaspo completa di giunto girevole in acciaio temperato orientabile a 180 °, bocchello naspo in materiale plastico, a getto regolabile con rubinetto di esclusione, tubo di raccordo al naspo con valvola a sfera, tubazione semirigida UNI EN 694, passaggi in ottone, serratura e fori sui due lati per l'entrata del tubo. Cartellonistica di individuazione, di caratteristiche conformi alle indicazioni del D.Lgs. 493/96.

3.8.4 Idrante UNI 70 completo

Idrante esterno a colonna UNI 9485 ADR, completo di valvola di chiusura sottosuolo, nella parte inferiore dell'idrante, costituita da un otturatore azionato da un albero con vitone di azionamento e tenuta realizzata con premistoppa regolabile, dispositivo di sezionamento della rete, gruppo di erogazione costituito da due attacchi UNI 70 con calotte di chiusura e catenelle, attacco di alimentazione flangiato DN 80 o DN100, valvola automatica di scarico con dispositivo in grado di scaricare completamente l'acqua contenuta nella colonna e di tabellone di individuazione, di caratteristiche conformi alle indicazioni del D.Lgs. 493/96.

Dotazione di cassetta metallica in lamiera di acciaio 10/10 verniciato rosso, con caratteristiche e dimensioni conformi alla UNI EN 671-1, con porta in acciaio apribile a 180°, completa di serratura e dispositivo di apertura di emergenza con protezione frangibile, bobina portatubo, tubo di nylon gommato da 20 metri UNI 9487, con lancia e bocchello in materiale plastico, a getto regolabile con rubinetto di esclusione, Completo di ogni altro accessorio per la corretta messa in opera secondo la vigente normativa e la buona regola dell'arte.

3.9 Apparecchi sanitari – rubinetteria – accessori

3.9.1 Apparecchi sanitari

Gli apparecchi sanitari, indipendentemente dalla loro forma e dal materiale costituente, devono soddisfare i seguenti requisiti:

- robustezza meccanica;
- durabilità meccanica;
- assenza di difetti visibili ed estetici;
- resistenza all'abrasione;
- pulibilità di tutte le parti che possono venire a contatto con l'acqua sporca;
- resistenza alla corrosione (per quelli con supporto metallico);
- funzionalità idraulica.

Per gli apparecchi di ceramica, la rispondenza alle prescrizioni di cui sopra si intende comprovata se essi rispondono alle seguenti norme: **UNI 8949/1** per i vasi, **UNI 4543/1** e **8949/1** per gli orinatoi, **UNI 8951/1** per i lavabi, **UNI 8950/1** per bidet.

Per gli altri apparecchi deve essere comprovata la rispondenza alla norma **UNI 4543/1**, relativa al materiale ceramico ed alle caratteristiche funzionali elencate in 42.1.1.

Per gli apparecchi a base di materie plastiche, la rispondenza alle prescrizioni di cui sopra si ritiene comprovata se essi rispondono alle seguenti norme: **UNI EN 263** per le lastre acriliche colate per vasche da bagno e piatti doccia, norme **UNI EN** sulle dimensioni di raccordo dei diversi apparecchi sanitari ed alle seguenti norme specifiche: **UNI 8194** per lavabi di resina metacrilica; **UNI 8196** per vasi di resina metacrilica; **UNI EN 198** per vasche di resina metacrilica; **UNI 8192** per i piatti doccia di resina metacrilica; **UNI 8195** per bidet di resina metacrilica.

3.9.2 rubinetti sanitari

- a) I rubinetti sanitari considerati nel presente punto sono quelli appartenenti alle seguenti categorie:
- rubinetti singoli, cioè con una sola condotta di alimentazione;
 - gruppo miscelatore, avente due condotte di alimentazione e comandi separati per regolare e miscelare la portata d'acqua. I gruppi miscelatori possono avere diverse soluzioni costruttive riconducibili ai seguenti casi: comandi distanziati o gemellati, corpo apparente o nascosto (sotto il piano o nella parete), predisposizione per posa su piano orizzontale o verticale;
 - miscelatore meccanico, elemento unico che sviluppa le stesse funzioni del gruppo miscelatore mescolando prima i due flussi e regolando dopo la portata della bocca di erogazione; le due regolazioni sono effettuate di volta in volta, per ottenere la temperatura d'acqua voluta. I miscelatori meccanici possono avere diverse soluzioni costruttive riconducibili ai seguenti casi: monocomando o bicomando, corpo apparente o nascosto (sotto il piano o nella parete), predisposizione per posa su piano orizzontale o verticale;
 - miscelatori termostatici, elemento funzionante come il miscelatore meccanico, ma che varia automaticamente la portata di due flussi a temperature diverse, per erogare e mantenere l'acqua alla temperatura prescelta.
- b) I rubinetti sanitari di cui sopra, indipendentemente dal tipo e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle seguenti caratteristiche:
- inalterabilità dei materiali costituenti e non cessione di sostanze all'acqua;
 - tenuta all'acqua e alle pressioni di esercizio;
 - conformazione della bocca di erogazione in modo da erogare acqua con filetto a getto regolatore e, comunque, senza spruzzi che vadano all'esterno dell'apparecchio sul quale devono essere montati;
 - proporzionalità fra apertura e portata erogata;
 - minima perdita di carico alla massima erogazione;
 - silenziosità ed assenza di vibrazione in tutte le condizioni di funzionamento;
 - facile smontabilità e sostituzione di pezzi possibilmente con attrezzi elementari;
 - continuità nella variazione di temperatura tra posizione di freddo e quella di caldo e viceversa (per i rubinetti miscelatori).

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate si intende soddisfatta per i rubinetti singoli e gruppi miscelatori, quando essi rispondono alla norma **UNI EN 200** e ne viene comprovata la rispondenza con certificati di prova e/o con apposizione del marchio **UNI**. Per gli altri rubinetti si applica la norma **UNI EN 200** per quanto possibile o si fa riferimento ad altre norme tecniche (principalmente di enti normatori esteri).

- c) I rubinetti devono essere forniti avvolti in imballaggi adeguati in grado di proteggerli da urti graffi, ecc. nelle fasi di trasporto e movimentazione in cantiere. Il foglio informativo che accompagna il prodotto deve dichiarare le caratteristiche dello stesso e le altre informazioni utili per la posa, manutenzione, ecc.

La rubinetteria a miscelazione monocomando, adotterà cartucce a norma CEN, che garantisce i valori di tenuta, resistenza, durata, pressione e rumorosità imposti dall'attuale normativa.

Scarichi di apparecchi sanitari e sifoni (manuali, automatici).

Gli elementi costituenti gli scarichi applicati agli apparecchi sanitari si intendono denominati e classificati come riportato nelle norme **UNI 4542**, sull'argomento.

Indipendentemente dal materiale e dalla forma essi devono possedere caratteristiche di inalterabilità alle azioni chimiche ed all'azione del calore, realizzare la tenuta tra otturatore e piletta e possedere una regolazione per il ripristino della tenuta stessa (per scarichi a comando meccanico).

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate si intende soddisfatta quando essi rispondono alle norme **UNI EN 274** e **UNI EN 329**; la rispondenza è comprovata da una attestazione di conformità.

Tubi di raccordo rigidi e flessibili (per il collegamento tra i tubi di adduzione e la rubinetteria sanitaria)

Indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, essi devono rispondere alle caratteristiche seguenti:

- inalterabilità alle azioni chimiche ed all'azione del calore;
- non cessione di sostanze all'acqua potabile;
- indeformabilità alle sollecitazioni meccaniche provenienti dall'interno e/o dall'esterno;
- superficie interna esente da scabrosità che favoriscano depositi;
- pressione di prova uguale a quella di rubinetti collegati.

La rispondenza alle caratteristiche sopraelencate si intende soddisfatta se i tubi rispondono alla norma **UNI 9035** e la rispondenza è comprovata da una dichiarazione di conformità.

Rubinetti a passo rapido, flussometri (per orinatoi, vasi e vuotatoi)

Indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva essi devono rispondere alle caratteristiche seguenti:

- erogazione di acqua con portata, energia e quantità necessaria per assicurare la pulizia;
- dispositivi di regolazione della portata e della quantità di acqua erogata;
- costruzione tale da impedire ogni possibile contaminazione della rete di distribuzione dell'acqua a monte per effetto di rigurgito;
- contenimento del livello di rumore prodotto durante il funzionamento.

La rispondenza alle caratteristiche predette deve essere comprovata dalla dichiarazione di conformità.

Cassette per l'acqua (per vasi, orinatoi e vuotatoi)

Indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, essi devono rispondere alle caratteristiche seguenti:

- troppopieno di sezione, tale da impedire in ogni circostanza la fuoriuscita di acqua dalla cassetta
- rubinetto a galleggiante che regola l'afflusso dell'acqua, realizzato in modo tale che, dopo l'azione di pulizia, l'acqua fluisca ancora nell'apparecchio sino a ripristinare nel sifone del vaso il battente d'acqua che realizza la tenuta ai gas
- costruzione tale da impedire ogni possibile contaminazione della rete di distribuzione dell'acqua a monte, per effetto di rigurgito
- contenimento del livello di rumore prodotto durante il funzionamento.

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate si intende soddisfatta per le cassette dei vasi quando, in abbinamento con il vaso, soddisfano le prove di pulizia/evacuazione di cui alla norma **UNI 8949/1**.

Apparecchi per produzione di acqua calda.

Gli scaldacqua funzionanti a gas rientrano nelle prescrizioni della **L. 6 dicembre 1971, n. 1083**.

Gli scaldacqua elettrici, in ottemperanza della **L. 6 dicembre 1971, n. 1083**, devono essere costruiti a regola d'arte e sono considerati tali se rispondenti alle norme **CEI**.

La rispondenza alle norme suddette deve essere comprovata da dichiarazione di conformità (e/o dalla presenza di marchi **UNI** e **IMQ**).

I sistemi di produzione acqua calda sanitaria di tipo a resistenza elettrica saranno in classe energetica "B".