



COMUNE DI PADOVA

SETTORE LAVORI PUBBLICI

CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI

MANUTENZIONE STRAORDINARIA E
ADEGUAMENTO IMPIANTI

PROGETTO ESECUTIVO

IMPORTO COMPLESSIVO € 100.000,00

N° Progetto Nome file: Data	CUP H98C17000130004 LLPP 2018/0114	Elaborato CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO 2
Progettisti Arch. Fabio Fiocco <u>Collaboratore alla progettazione:</u> Dr.ssa. Elisa Pagan	Rup Arch. Domenico Lo Bosco	Capo Settore

Indice

Art. 1: Oggetto dell'appalto.....	
Art. 2: Norme generali sui materiale, i componenti, i sistemi e l'esecuzione.....	
Art. 3: Cartello di cantiere.....	
Art. 4: Casi non accoglimento istanza di recesso appaltatore.....	
Art. 5: Gestione delle riserve.....	
Art. 6: Smaltimento rifiuti da demolizione e scavi.....	
Art. 7: Finiture e puliture.....	
Art. 8: Attività rumorose a carattere temporaneo - orari	
Art. 9: Attività rumorose a carattere temporaneo – limiti massimi.....	
Art. 10: Attività rumorose a carattere temporaneo – modalità per il rilascio delle autorizzazioni.....	
Art. 11: Norme per la misurazione e valutazione dei lavori. Generalità.....	
Art. 12: Criteri di valutazione.....	
Art. 13: Opere edili in genere.....	
Art. 14: Rimozioni, demolizioni.....	
Art. 15: Qualità e provenienza dei materiali. Materiali in genere.....	
Art. 15.1: Sabbie, ghiaie, argille espanse, pomice, pietre naturali, marmi.....	
Art. 15.2: Acqua, calci, pozzolane, leganti idraulici, leganti idraulici speciali e leganti sintetici.....	
Art. 15.3: Laterizi.....	
Art. 15.4: Materiali ferrosi e metalli vari.....	
Art. 15.5: Legnami.....	
Art. 15.6: Colori e vernici.....	
Art. 15.7: Materiali diversi.....	
Art. 15.8: Prodotti per la pulizia dei materiali porosi.....	
Art. 15.9: Prodotti impregnanti.....	
Art. 15.9.1: Impregnanti per il consolidamento.....	
Art. 15.9.2: Impregnanti per la protezione.....	
Art. 16: Indagini preliminari al progetto di conservazione. Tecniche e strumenti.....	
Art. 17: Diagnosi e materiali.....	
Art. 17.1: Generalità.....	
Art. 17.2: Pietre.....	
Art. 17.3: Terre cotte.....	
Art. 17.4: Intonaci e malte.....	
Art. 17.5: Metalli.....	
Art. 17.6: Rivestimenti.....	
Art. 18: Indagini preliminari.....	
Art. 18.1: Tecniche di misura dell'umidità.....	
Art. 18.2: Indagini preliminari all'intervento di conservazione.....	
Art. 18.3: Studio dei materiali in situ.....	
Art. 18.4: Prove preliminari all'intervento di consolidamento dei materiali.....	
Art. 19: Modi di esecuzione di ogni categoria di lavori. Lavori preliminari.....	
Art. 19.1: Demolizioni e rimozioni.....	
Art. 19.2: Opere provvisoriale.....	
Art. 20: Pulitura dei materiali.....	
Art. 20.1: Generalità.....	
Art. 20.2: Sistemi di pulitura.....	
Art. 20.3: Bonifica da macro e microflora.....	
Art. 20.4: Eliminazione di piante superiori.....	
Art. 20.5: Eliminazione di alghe, muschi e licheni.....	
Art. 21: Consolidamento dei materiali.....	
Art. 21.1: Generalità.....	
Art. 21.2: Applicazione dei principali consolidanti.....	
Art. 22: Protezione dei materiali.....	
Art. 22.1: Generalità.....	
Art. 22.2: Interventi indiretti e diretti.....	
Art. 22.3: Sistemi applicativi.....	
Art. 23: Malte e conglomerati.....	
Art. 23.1: Generalità.....	
Art. 23.2: Malte e conglomerati.....	
Art. 23.3: Malte additivate.....	
Art. 23.4: Malte preconfezionate.....	
Art. 23.5: Conglomerati di resina sintetica.....	
Art. 24: Ristilatura dei giunti di malta.....	
Art. 25: Intonaci e decorazioni, interventi di conservazione.....	
Art. 25.1: Intonaci.....	
Art. 25.2: Decorazioni.....	
Art. 25.3: Interventi di conservazione.....	
Art. 25.4: Scheda: intonaci, stucchi, dipinti e dorature.....	
Art. 25.5: Utilizzo della tecnologia del vuoto.....	
 NORME GENERALI PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI.....	
 Art. 26: Ordine da tenersi nella esecuzione dei lavori.....	
Art. 27: Prescrizioni specifiche propedeutiche agli interventi di restauro.....	

PARTE PRIMA

Generalità

Art. 1: Oggetto dell'appalto

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di tutte le opere e le somministrazioni di mano d'opera e di provviste occorrenti per i lavori di "Manutenzione straordinaria e adeguamento impianti – Cappella degli Scrovegni "

LLPP EDP 2018/0114 – CUP H98C17000130004.

Il lavori ricadono nella categoria **OS2A Restauro Superfici decorate**.

L'importo complessivo dei lavori a misura (parte dei quali soggetti a ribasso d'asta e parte riguardanti gli oneri per la sicurezza e salute non soggetti a ribasso), ammonta presuntivamente a € **65.669,29** (Euro Sessantacinquemilaseicentosessantanove/29) di cui € 3.206,74 (Euro Tremiladuecentosei/74) per oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta ed € 62.462,55 (Euro Sessantaduemilaquattrocentosessantadue/55) per lavori soggetti a ribasso d'asta , così come risulta da quanto illustrato nel prospetto di seguito riportato:

Voce	importo
Lavori soggetti a ribasso d'asta	62.462,55
Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta	3.206,74
Totale lavori	65.669,29

Sono compresi nell'appalto tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste occorrenti per dare il lavoro completamente compiuto, secondo le indicazioni stabilite dal presente capitolato Speciale d'Appalto, con le caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste dal progetto definitivo con i relativi allegati.

L'esecuzione dei lavori dovrà sempre e comunque essere eseguita secondo le regole dell'arte e l'appaltatore dovrà conformarsi alla massima diligenza dei propri obblighi.

L'importo presuntivo dei lavori potrà variare in più o in meno, per effetto di variazioni nelle quantità delle diverse categorie, secondo quanto previsto dalle normative vigenti in materia di LL.PP., senza che l'Appaltatore possa trarne argomento per chiedere compensi non contemplati nel presente capitolato e prezzi diversi da quelli risultanti dall'offerta.

Art. 2: Norme generali sui materiale, i componenti, i sistemi e l'esecuzione

Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti, anche relativamente a sistemi e sub-sistemi di impianti tecnologici oggetto dell'appalto, dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel Capitolato Speciale di Appalto, negli elaborati grafici del progetto esecutivo e nella descrizione delle singole voci allegata allo stesso capitolato.

Per quanto riguarda l'accettazione, la qualità e l'impiego dei materiali, la loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, dovranno essere applicati rispettivamente gli articoli 167 del Dpr 207/2010 e 16 e 17 del Cap. Gen. n. 145/00.

Prima di compiere l'approvvigionamento in cantiere, di ogni tipo di materiale che l'Appaltatore intenderà impiegare, dovrà essere presentata alla D.L. una campionatura: l'accettazione del materiale sarà subordinata al giudizio positivo della stessa D.L. Anche se non espressamente menzionate, nel presente capitolato speciale di appalto dovranno essere osservate, tutte le norme tecniche nazionali (UNI, UNI EN, UNICHIM, CNR, CEI, raccomandazioni NorMaL) e regionali vigenti al momento dell'appalto. Resta bene inteso che, in caso di difficoltà interpretative o difformità tra norme che regolano il medesimo argomento, sarà riservato compito della D.L. indicare i criteri da seguire.

Nel caso in cui le voci di elenco indichino il nome di uno specifico prodotto ovvero della ditta produttrice, simili indicazioni dovranno essere recepite come esemplificative delle qualità specifiche richieste per quel determinato prodotto e come tali, non dovranno, pertanto, essere interpretate come dato discriminante nei confronti di prodotti similari presenti sul mercato dotati di caratteristiche tecniche equivalenti e che, per questo, la ditta appaltatrice potrà liberamente proporre alla D.L.

Art. 3: Cartello di cantiere

Nel cantiere dovrà essere installato, a cura e spese dell'appaltatore, e mantenuto durante tutto il periodo di esecuzione dei lavori, apposito cartello (dimensioni minime 100 cm di base e cm 200 di altezza) conforme, per colore, disegno e dati contenuti, all'eventuale modello predisposto dalla stazione appaltante.

Il cartello dovrà essere collocato in sito ben visibile, concordato con la D.L.. La tabella dovrà recare, impresse a colori indelebili, le diciture di cui alla Circolare del Ministero dei LLPP dell'1 giugno 1990, n. 1729/UL, con le opportune modifiche e integrazioni da apportare, ove occorra, in relazione alle peculiarità delle singole opere.

In fondo al cartello dovrà essere previsto un apposito spazio per l'aggiornamento dei dati e per le comunicazioni al pubblico in merito all'andamento dei lavori. In particolare dovranno essere indicate in tale spazio, le sospensioni e le interruzioni intervenute nei lavori, con l'indicazione dei motivi che le hanno determinate e con le previsioni circa la ripresa dei lavori e i nuovi tempi di completamento dell'opera.

Art. 4: Casi non accoglimento istanza di recesso appaltatore

Ai sensi dell'art. 5, c. 4, D.M. 7.3.2018, n. 49, si precisa che è facoltà della stazione appaltante non accogliere l'istanza di recesso dell'appaltatore in ipotesi di consegna ritardata dei lavori, qualora il ritardo nella consegna dei lavori non superi la metà del termine utile contrattuale o comunque sei mesi complessivi.

Art. 5: Gestione delle riserve

1. Il registro di contabilità è firmato dall'esecutore, con o senza riserve, nel giorno in cui gli viene presentato.
2. Nel caso in cui l'esecutore, non firmi il registro, è invitato a farlo entro il termine perentorio di quindici giorni e, qualora persista nell'astensione o nel rifiuto, se ne fa espressa menzione nel registro.
3. Se l'esecutore, ha firmato con riserva, qualora l'esplicazione e la quantificazione non siano possibili al momento della formulazione della stessa, egli esplica, a pena di decadenza, nel termine di quindici giorni, le sue riserve, scrivendo e firmando nel registro le corrispondenti domande di indennità e indicando con precisione le cifre di compenso cui crede aver diritto, e le ragioni di ciascuna domanda.
4. Il direttore dei lavori, nei successivi quindici giorni, espone nel registro le sue motivate deduzioni. Se il direttore dei lavori omette di motivare in modo esauriente le proprie deduzioni e non consente alla stazione appaltante la percezione delle ragioni ostative al riconoscimento delle pretese dell'esecutore, incorre in responsabilità per le somme che, per tale negligenza, la stazione appaltante dovesse essere tenuta a sborsare.
5. Nel caso in cui l'esecutore non ha firmato il registro nel termine di cui al comma 2, oppure lo ha fatto con riserva, ma senza esplicitare le sue riserve nel modo e nel termine sopraindicati, i fatti registrati si intendono definitivamente accertati, e l'esecutore decade dal diritto di far valere in qualunque termine e modo le riserve o le domande che ad essi si riferiscono.
6. Ove per qualsiasi legittimo impedimento non sia possibile una precisa e completa contabilizzazione, il direttore dei lavori può registrare in partita provvisoria sui libretti, e di conseguenza sugli ulteriori documenti contabili, quantità dedotte da misurazioni sommarie. In tal caso l'onere dell'immediata riserva diventa operante quando in sede di contabilizzazione definitiva delle categorie di lavorazioni interessate vengono portate in detrazione le partite provvisorie.
7. L'esecutore, è sempre tenuto ad uniformarsi alle disposizioni del direttore dei lavori, senza poter sospendere o ritardare il regolare sviluppo dei lavori, quale che sia la contestazione o la riserva che egli iscriva negli atti contabili.
8. Le riserve sono iscritte a pena di decadenza sul primo atto dell'appalto idoneo a riceverle, successivo all'insorgenza o alla cessazione del fatto che ha determinato il pregiudizio dell'esecutore. In ogni caso, sempre a pena di decadenza, le riserve sono iscritte anche nel registro di contabilità all'atto della firma immediatamente successiva al verificarsi o al cessare del fatto pregiudizievole. Le riserve non espressamente confermate sul conto finale si intendono abbandonate.
9. Le riserve devono essere formulate in modo specifico ed indicare con precisione le ragioni sulle quali esse si fondano. In particolare, le riserve devono contenere a pena di inammissibilità la precisa quantificazione delle somme che l'esecutore, ritiene gli siano dovute.
10. La quantificazione della riserva è effettuata in via definitiva, senza possibilità di successive integrazioni o incrementi rispetto all'importo iscritto.

Art. 6: Smaltimento rifiuti da demolizione e scavi

E' fatto obbligo all'Appaltatore di provvedere a propria cura e spese all'allontanamento dei materiali provenienti da demolizioni e/o scavi, mediante trasporto in discarica autorizzata o altra forma di smaltimento prevista dal DPR 915/82 e dalla L.R.V. 33/85; nel caso di trasporto di detti materiali in conto proprio, l'Appaltatore è tenuto a munirsi di autorizzazione del Sindaco, giusta deliberazione GM n. 3774 del 06.09.1988 e all'osservanza del D.M. 6 settembre 1994 sulle normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Art. 7: Finiture e puliture

Ad avvenuta ultimazione dei lavori l'appaltatore provvederà a rimuovere ogni materiale curando che l'intera opera, ivi comprese le finiture, possano essere immediatamente utilizzate senza alcun pregiudizio e/o difficoltà. Il direttore lavori, prima di procedere all'emissione del certificato di regolare esecuzione (o il collaudatore, se opere soggette a collaudo), o prima di prendere in consegna l'opera, in caso di consegna provvisoria, procederà alla verifica del corretto e puntuale adempimento di quanto sopra, restando ad esso subordinata l'erogazione del saldo lavori e lo svincolo della cauzione. Qualora l'impresa non provvedesse a quanto necessario per la completa fruizione dell'opera, si procederà d'ufficio in danno all'appaltatore.

Art. 8 : Attività rumorose a carattere temporaneo - orari

- 1) L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi in cantieri edili od assimilabili è consentita nei giorni feriali, escluso il sabato pomeriggio, nell'orario:
 - invernale (dal 01 ottobre al 30 aprile): dalle ore 8,00 alle ore 12,30 e dalle ore 14,00 alle ore 18,00;
 - estivo (dal 01 maggio al 30 settembre): dalle ore 8,00 alle ore 13,00 e dalle 15,00 alle ore 19,00.
- 2) L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi in locali posti nello stesso fabbricato dove sono presenti ricettori (appartamenti ed uffici in uso) è consentito dalle ore 9,00 alle ore 13,00 e dalle ore 15,00 alle 18,00; in particolare l'uso di macchine le cui emissioni certificate sono superiori a 75 dB(A) deve essere limitato nell'orario compreso tra le ore 9,00 e le ore 12,00 e dalle 16,00 alle ore 18,00. E' vietato l'uso di macchinari privi della certificazione di emissione acustica contenuta nella scheda tecnica.
- 3) L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi in cantieri stradali, o di potatura ed abbattimento di alberi ed assimilabili, è consentita nei giorni feriali dalle ore 7,00 alle ore 20,00, previa opportuna informazione della cittadinanza interessata, con congruo anticipo.
- 4) Nel caso di effettive esigenze di sicurezza e/o di viabilità, l'attivazione di macchine rumorose per l'esecuzione di lavori rumorosi in cantieri stradali è consentita anche in orari notturni, previa informazione della cittadinanza con congruo anticipo.

Art. 9 : Attività rumorose a carattere temporaneo – limiti massimi

- 1) I limiti assoluti da non superare relativamente alle sorgenti fisse, ad esclusione del traffico veicolare, sono:
 - in zona I: 65 dB(A);
 - in zona II, III, IV e V: 70 dB(A);
 - in zona VI: 75 dB(A).

Tali limiti si intendono fissati in facciata delle abitazioni confinanti con le aree in cui vengono esercitate le attività. Nel caso di ricettori posti nello stesso fabbricato in cui si eseguono i lavori, si considera il limite di 65 dB(A) all'interno dei locali dove si eseguono i lavori; dovranno essere usati macchinari moderni provvisti di certificazione di emissione acustica contenuta nella scheda tecnica. I titolari di

imprese che utilizzano macchinari non provvisti di certificazione di emissione acustica e scheda tecnica entro un anno dall'entrata in vigore del presente regolamento dovranno dotarsi del certificato in parola e relativa scheda. Non si considerano i limiti differenziali né altre penalizzazioni.

- 2) Le misurazioni dovranno essere eseguite secondo i criteri di cui all'Allegato "B", del "Regolamento per la disciplina delle attività rumorose" del Comune di Padova e comunque in riferimento al DPCM 14.11.1997, DM 16.03.1998 e DPCM 31.03.1998.

Art. 10 : Attività rumorose a carattere temporaneo – modalità per il rilascio delle autorizzazioni

- 1) L'attivazione di cantieri, nel rispetto dei limiti indicati negli articoli precedenti, non necessita di autorizzazione, ma solo di una dichiarazione, con la quale il responsabile del cantiere si impegna al rispetto di tutte le seguenti condizioni:
 - Orari di cui al precedente articolo 4;
 - Limiti di cui al precedente articolo 5;
 - la durata del cantiere non supererà i 15 giorni lavorativi;
- 2) Qualora per eccezionali e contingenti motivi documentabili, il responsabile del cantiere ritenga necessario superare i limiti indicati nel regolamento, dovrà indirizzare al Comune specifica domanda di autorizzazione in deroga, possibilmente secondo il modello approntato dall'Ufficio preposto, 30 giorni prima dell'inizio dei lavori. Il Dirigente competente, valutate le motivazioni eccezionali e contingenti, rilascia l'autorizzazione in deroga, che potrà contenere comunque prescrizioni, tra cui ad esempio il divieto di uso contemporaneo di macchinari particolarmente rumorosi, o la messa in opera di adeguati schermi fonoisolanti e/o fonoassorbenti sulla recinzione del cantiere o a protezione dei singoli macchinari di maggiore impatto acustico. Copia dell'autorizzazione dovrà essere tenuta sul luogo ove viene svolta l'attività ed esibita al personale incaricato di eseguire i controlli.
- 3) La durata complessiva dell'attività rumorosa nonché i relativi orari devono essere resi noti alla popolazione mediante apposito e ben visibile avviso da apporsi, a cura del soggetto autorizzato, quantomeno all'ingresso del cantiere o dell'area sede dell'attività stessa.
- 4) Per particolari motivazioni eccezionali e contingenti, il Dirigente può autorizzare deroghe a quanto stabilito nel presente regolamento.

PARTE SECONDA

Modalità esecutive

Norme di misurazione e accettazione dei materiali

Art. 11 : Norme per la misurazione e valutazione dei lavori. Generalità

I prezzi si dovranno riferire 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 dei Lavori vorrà esplicitare.

1. I prezzi di ciascun lavoro e/o somministrazione, dovranno comprendere e, quindi, compensare 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 dei 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 dei 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. 12 : 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 metri 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 carri 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 reinterri - 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 0,20 m 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.

Art. 13 : 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 ai 3,5 metri oltre ai 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.

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 15 cm da misurarsi a volume, si deterranno i vuoti per incassi larghi 40 cm per qualsiasi profondità e lunghezza, nonché per incassi a tutto spessore la cui sezione verticale retta abbia superficie superiore a 1 mq. Le murature di spessore fino a 15 cm si misureranno a superficie effettiva con la sola detrazione di vuoti aventi superficie superiore a 1 mq.

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.

Opere in pietra naturale - Per le categorie da valutarsi a superficie, questa si otterrà sommando le superfici dei singoli rettangoli (quadrati) circoscrivibili. Per le categorie da misurarsi a sviluppo lineare, questo andrà misurato in opera secondo misure a vista.

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.

Superfici unitarie non inferiori a mq 1,75.

Art. 14 : 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 mc 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.

Art. 15 : Qualità e provenienza dei materiali. 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 dei 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 e/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 situ, 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 III 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 n. 2093 del 11/11/82.

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. 15.1 : 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 1 cm 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 8 e 15 mm, 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. del 16.11.1939 nn. 2229 e 2232 (G.U. n. 92/1940), 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 - Dovranno essere della migliore qualità, perfettamente sani, senza scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi peli od altri difetti che li renderebbero fragili e poco omogenei. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture, scheggiature.

Art. 15.2 : 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 (RSO₃H) e basiche (RNH₃OH) 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 (Gazz. Uff. n. 92 del 18.04.1940) 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 Ca (OH)₂ + Mg (HO)₂ non è inferiore al 91 %.
- calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo di Ca (OH)₂ + Mg (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 0,18 mm. 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 0,09 mm. 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 calce idrauliche dovranno avere i requisiti di cui alla legge n. 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. del 3 giugno 1968 e dal D.M. 20.11.1984.

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. 16.11.39 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 quadrato, 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 allo 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 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 silconato di potassio ed acqua di calce. Anche come additivi per aumentare l'adesività (stucchi, malte fluide).

Resine epossidiche - Si ottengono per policondensazione tra cloridrina 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 termoindurenti.

Data l'elevata resistenza chimica e meccanica possono essere impiegate per svariati usi. Come rivestimenti e vernici protettive, adesivi strutturali, laminati antifiama. 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 calcri, gesso, cementi e sabbie.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Resine poliesteri - Derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi polibasici e le loro anidridi, potranno essere usate sia come semplici polimeri liquidi sia in combinazione con fibre di vetro, di cotone o sintetiche o con calcri, gesso, cementi e sabbie.

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

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

Art. 15.3 : 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 Decreto Ministeriale 30 maggio 1974 allegato 7, ed alle norme UNI vigenti.

I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, di modello 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. 15.4 : Materiali ferrosi e metalli vari

Materiali ferrosi.- I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, 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 trafilato 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. 15.5 : 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 squadri 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 squadri 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. 15.6 : 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 cicli 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.

Biacca - La biacca 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 (sequiossido 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.

fatto divieto l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

Encaustici - 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 uri.

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.

- Tempera - 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.

Pitture e smalti di resine sintetiche - Ottenute per sospensioni dei pigmenti e delle cariche in soluzioni organiche di resine sintetiche, possono anche contenere oli siccativi (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliuretaniche, poliesteri, al clorocaucciù, silconiche). 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. 15.7 : 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;
- ultras spesso (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 anti-proiettile le UNI 9187-87.

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 marmo 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 pertanto 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 funzionali dovranno rispondere alle norme UNI 8202/1-35, UNI 8629/1-6, UNI 8818-86, UNI 8898/1-7, 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	0	15	25
Indice di penetrazione (minimo)		0	+1,5	+2,5
Penetrazione a 25°C dmm (minimo)		40	35	20
Punto di rammollimento °C (minimo)		55	65	80
Punto di infiammabilità (Cleveland) °C (minimo)		230	230	230
Solubilità al cloruro di carbonio % (minimo)		99,5	99,5	00,5
Volatilità a 136°C per 5 ore % (minimo)		0,3	0,3	0,3
Penetrazione a 25°C del residuo della prova di volatilità % del bitume originario (minimo)		75	75	75

- Cartefeltro

	TIPO	224	333	450
Peso a mc.	g	224+-12	333+-16	450+-25
Contenuto di lana	%	10	12	15
Contenuto di cotone, juta ed altre fibre tessili naturali	%	55	55	55
Residui ceneri	%	10	10	10
Umidità	%	9	9	9
Potere di assorbimento in olio di antracene	%	160	160	160
Carico di rottura a trazione nel senso longitudinale delle fibre su striscia di 15 x 180 mm.	%	2,800	4,000	4,700

- Cartonfeltro bitumato cilindrato

	TIPO	224	333	450
Cartefeltre				
Contenuto solubile in solfuro di carbonio peso a mc. g. (minimo)		233	348	467
Peso a mc. del cartonfeltro g.		450	670	900

- Cartonfeltro bitumato ricoperto

	TIPO	224	333	450
Cartefeltre				
Contenuto solubile in solfuro di carbonio peso a mc. g. (minimo)		660	875	1.200
Peso a mc. del cartonfeltro g.		1.100	1.420	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, perlite, 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.

Art. 15.8 : 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 appropriate 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 post-intervento. 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 pulitura 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 e/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 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 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 pulitura 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 pulitura 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 carbosilmetilcellulosa, argille, amido, magnesio 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 carbosilmetilcellulosa;
- 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 E.D.T.A. (sale bisodico);
- 10 cc di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, fungicida);
- 60 g di carbosilmetilcellulosa.

La quantità di E.D.T.A. potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g.

Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniaca (NH_4OH) o trietanolammina ($\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}_3\text{N}$) 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 paligorrskite, in grado di impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie oggetto di intervento. L'operazione di pulitura 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 2-3 cm.

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

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

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2cm 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, calibrati 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 ammoniaca.

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. 15.9 : 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 pre-consolidanti, 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, in questi casi, dovrà evitare una rapida disgregazione delle superfici, l'adescamento delle acque ed il loro ristagno all'interno dei materiali;

- un'azione chimica, che agisce mediante un contatto, saltuario od 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 la 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 micro flora.

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. 15.9.1 :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;

Consolidanti 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 attento 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 poliuretaniche - Prodotti termoplastici o termoindurenti, a seconda dei monomeri che si impiegano in partenza, hanno buone proprietà meccaniche e buona adesività.

Mescolati con isocianati alifatici, hanno una buona capacità di penetrazione nel materiale poroso (hanno bassa viscosità), sono resistenti ai raggi ultravioletti e agli inquinanti atmosferici e garantiscono un'ottima permeabilità al vapore. Il trattamento consolidante con poliuretani permette l'applicazione successiva di protettivi idrorepellenti siliconici e fluorurati.

Sono adatti al consolidamento di malte, murature, elementi lapidei e legname. Si applicano a pennello o, preferibilmente con iniettori.

Il prodotto dovrà possedere una idrofilia accentuata per permettere la penetrazione per capillarità anche operando su murature umide; deve possedere, prima della polimerizzazione, una viscosità intrinseca di circa 250 cPs a 25°C ed un residuo secco tra il 10 e il 35%

Dovranno possedere le seguenti proprietà:

- buona penetrabilità;
- assenza d'ingiallimento;
- elevata resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi ultravioletti
- indurimento graduale ed estremamente lento;
- indurimento regolabile fino a 24 ore dopo l'applicazione;
- possibilità di asporto di eventuali eccessi dopo 24 dalla applicazione per mezzo di adatti solventi;
- reversibilità fino a 36 ore dopo l'applicazione;
- basso peso molecolare.

Resine acriliche - Composti termoplastici ottenuti polimerizzando gli acidi acrilico e metacrilico, hanno una scarsa capacità di penetrazione (al massimo 1 cm), sono solubili in opportuni solventi organici e hanno una buona resistenza all'invecchiamento, alla luce e agli agenti chimici. Possiedono in genere una 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. Come consolidanti se ne consiglia l'impiego in miscela con resine siliconiche.

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.

Etere 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 2,3 settimane.

Il consolidante completa la sua reazione a seconda del supporto dopo circa 4 settimane con temperatura ambiente di circa 20°C ed U.R. 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.

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 vapore d'acqua;
- assenza di variazioni cromatiche del materiale trattato.

Consolidanti 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 affresco 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 termica 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. Come sottoprodotto si ha infatti 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. 15.9.2 : Impregnanti per la protezione

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.

Polimeri organici - Avendo caratteristiche particolari, ricche di controindicazioni (scarsa capacità di penetrazione all'interno del manufatto, probabile alterazione cromatica dello stesso ad applicazione avvenuta; effetto traslucido) il loro utilizzo sarà limitato 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.

I drorepellenti 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 del gruppo siliconico presente.

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. Il loro utilizzo sarà sempre subordinato a specifica attuazione del D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Siliconati alcalini - Di potassio o di sodio, meglio conosciuti come metil-siliconati di potassio o sodio ottenuti dalla neutralizzazione con soda potassica caustica dell'acido silicico. Sono solitamente commercializzati in soluzioni acquose al 40/50 di attivo. 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 utilizzate resine metil-silconiche diluite con solventi organici quali idrocarburi, xilolo, rage minerali. La concentrazione da utilizzare non deve essere inferiore al 5% in peso. Le resine silconiche a causa dell'elevato peso molecolare non sono consigliate sui supporti compatti e poco assorbenti, inoltre le resine metil-silconiche a causa della scarsa resistenza agli alcali sono consigliate su materiali scarsamente alcalini.

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

Silossanici oligomeri - Generalmente alchil-silossani costituiti da 4 a 10 atomi di monomeri silanici condensati, sono prepolimeri reattivi che reagendo all'interno dei materiali lapidei con l'umidità presente polimerizzano in situ, formando resine silconiche. I silossanici oligomeri sono d'impiego generalmente universale e, a differenza delle resine silconiche, manifestano una più elevata penetrazione, e quindi una miglior protezione nel tempo, su supporti compatti e scarsamente assorbenti.

Gli alchil-silossanici oligomeri grazie al gruppo alchilico, generalmente con medio o alto peso molecolare, offrono sufficienti garanzie contro l'aggressione delle soluzioni alcaline.

Alchil-silani - Nuova generazione di protettivi costituiti da monomeri reattivi polimerizzanti in situ che possiedono un'elevatissima capacità di penetrazione dovuta al basso peso molecolare e quindi la capacità di idrofobizzare i capillari più piccoli (10 Å) e di combattere la penetrazione dei cloruri e dei sali solubili.

Grazie al loro basso peso molecolare gli alchil-silani sono utilizzati concentrati normalmente dal 20 al 40% in peso in casi particolari si possono utilizzare anche al 10% cioè permette di ottenere ottime impregnazioni su supporti particolarmente compatti e scarsamente assorbenti. Gli alchil-silani devono essere impiegati su supporti alcalini e silicei e non sono adatti per l'applicazione su marmi carbonatici.

Tuttavia alchil-silani modificati danno ottimi risultati sul travertino Romano e Trachite.

Una nuova generazione di alchil-silani idrosolubili sta dando ottimi risultati nelle barriere chimiche contro la risalita capillare e nella protezione del cotto e del tufo.

Recenti sperimentazioni dimostrano l'applicazione degli alchil-silani idrosolubili nel blocco totale dei sali solubili presenti in supporti lapidei porosi ed assorbenti quali il tufo.

Olii e cere - 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 però di una scarsa resistenza all'invecchiamento.

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 olii essiccativi 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. Ad ogni modo olii e cere, applicati normalmente a pennello, non vanno usati su manufatti in cotto in esterno, esposti alle intemperie ed all'atmosfera, possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti.

Art. 16 : Indagini preliminari al progetto di conservazione. 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, dal 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, I.R., 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 (I.R.), 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 (I.R.) 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 - E' 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. E' particolarmente utile nello studio del degrado dei rivestimenti perché evidenzia discontinuità distacchi, bollature, stratigrafie.

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). 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 che viene raffreddato ad azoto liquido. La mappa termica è ottenuta mediante l'utilizzazione del segnale elettrico generato dall'elemento sensibile e dipendente dall'intensità del profilo radiativo 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.

Dalla medesima immagine è possibile avere una stampa fotografica tipo Polaroid, oppure un trasferimento su floppy-disk 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.

E' 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, localizzando nel contempo affreschi o decorazioni situati sotto l'intonaco.

Endoscopia - Si ricorre all'endoscopia per esaminare otticamente condotti o parti cave di piccole dimensioni o comunque non accessibili (condutture di impianti, intercapedini, strutture nascoste, cavità situate nella muratura come canne fumarie).

Gli endoscopi sono piccole telecamere o strumenti fotografici (anche sistemi a fibre ottiche) integrati con supporti flessibili e resistenti e con apparecchi illuminanti.

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 magnetometria è il metal-detector. E' 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 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 permettono 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 che 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 < 3.000 K (emissione uv trascurabile)

luce fredda: T alta > 5.000 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. È 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 100-150 mg 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 spediteo, 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. 17 : Diagnosi e materiali

Art. 17.1: 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. 17.2 : Pietre

Si dovrà inizialmente effettuare un primo esame visivo in modo da distinguere le caratteristiche macroscopiche della pietra: colore, abito cristallino, piani di sfaldatura, piani di sedimentazione, patologie di degrado, giungendo anche ad identificare il tipo mineralogico senza praticare prelievi.

Si potrà successivamente ricorrere a prove ottiche non distruttive (processi termovisivi e fotografici, all'infrarosso e a luce radente) per individuare discontinuità, alterazioni superficiali, quadro fessurativo, zone imbibite d'acqua, distaccate o comunque alterate.

Le prove per determinare con precisione le caratteristiche fisico-chimiche del materiale sono per lo più a carattere minimamente distruttivo: sarà pertanto da prevedere il prelievo di almeno un campione, delle dimensioni di 2 x 3 x 1 cm (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 prelevati dovranno essere sottoposti ad analisi petrografica e ad analisi chimica.

L'analisi petrografica dovrà definire, osservando al microscopio sezioni sottili di materiale, la sua struttura mineralogica, la genesi e la provenienza.

In particolare l'analisi diffrattometrica ai raggi X sarà utile per definire la composizione cristallina delle croste nere, oltre ad identificare componenti argillose. Quest'ultima operazione sarà indispensabile per stabilire il tipo di intervento di pulitura da adottare, in presenza di argilla bisognerà infatti evitare l'impiego di acqua, data la sua tendenza ad imbibirsi, aumentando di volume.

L'analisi chimica dovrà identificare e quantificare le sostanze presenti nel campione.

Si dovrà avvalere di prove di laboratorio quali:

- la microanalisi;
- la fluorescenza ai raggi X;
- la spettrometria;
- la fotometria;
- la colorimetria.

Si dovranno inoltre effettuare le analisi delle croste, delle macchie, oltre alle prove per verificare la presenza di acqua e di sali solubili.

Per la identificazione della microflora, posto che la macroflora possa essere identificata senza ricorrere ad analisi specifiche, si dovrà ricorrere a ricerche al microscopio, su sezioni sottili, o a colture su terreni selettivi, in modo da permettere di indirizzare l'intervento biocida.

Art. 17.3 : Terre cotte

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

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

Si dovranno pertanto effettuare prove e/o saggi da condursi in prevalenza in laboratorio, tramite il prelievo di campioni secondo le modalità poste in essere dalle normative vigenti.

Sarà necessario disporre di almeno un campione delle dimensioni minime di 2 x 3 x 1 cm per ogni tipo di materiale o per materiali identici che manifestino comunque peculiarità nello stato di degrado (particolari efflorescenze ecc.), per effettuare le analisi mineralogico-petrografiche e chimico-fisiche opportune.

Qualora fossero presenti croste nere sarà necessario rimuovere parzialmente le stesse mediante grattamento con opportuni utensili, fino ad ottenere una quantità di 0,5-1 g per la eventuale effettuazione di analisi chimiche e diffrattometriche, analogamente sarà necessario 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 la 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 permettere di stabilire la genesi del materiale e la eventuale provenienza determinando l'età del manufatto ed eventuali 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 che nei depositi superficiali o sulle eventuali croste nere. Potrebbe inoltre essere necessaria una analisi al microscopio stereoscopico o a quello elettronico a scansione qualora sia necessario lasciare inalterato il campione prelevato che potrà quindi essere sfruttato per esami successivi.

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 l'effettualità delle analisi opportune.

Sarà inoltre necessario effettuare il prelevamento di campioni per analisi di croste nere e di efflorescenze saline, particolarmente accurate, 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.

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 contengano 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 5 g dei due sali e sciogliendoli in due boccette in cui si versano circa 100 cc 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.

Qualora si ritenesse necessaria l'effettuazione di analisi di tipo biologico per valutare la alterazione dei materiali porosi per effetto della macro e microflora che interviene nei processi di trasformazione dei sopracitati materiali, si dovrà garantire il prelievo di campioni in merito alla presenza di piante, erbe, alghe e licheni infestanti i materiali costituenti la fabbrica. Si procederà quindi alla identificazione e classificazione di microrganismi non visibili ad occhio nudo, quali solfobatteri, nitrobatteri, attinomiceti e funghi microscopici.

Prove sulla durezza superficiale del materiale - Prima di effettuare operazioni di pulitura sarà opportuno predisporre esami che mettano in evidenza le proprietà fisico-meccaniche della superficie esposta e no. 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 sia 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 eseguendo in seguito misure di durezza superficiale, prima e dopo la pulitura, verificare la preservazione dello strato indurito con tests alternati di permeabilità all'acqua e al vapore (es. mediante misure di velocità di evaporazione dell'acqua).

Tests e prove potranno essere effettuate in laboratorio specializzato 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 righerà 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 la 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.) e di quello base sottostante.

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

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.

Lo studio diagnostico delle malte e delle patologie di degrado relative dovrà avvenire su tre livelli differenti:

- 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 α , che indica la resistenza alla diffusione del vapor d'acqua. Il valore α di un intonaco tradizionale si aggira intorno a 15-17 (negli intonaci deumidificanti α 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 rappezzi 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 particolarmente 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. 17.5 : 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 patologiche. 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. 17.6 : 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. 18 : Indagini preliminari

Art. 18.1 : 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. La ricerca diagnostica svolta in cantiere, quale prima fase di conoscenza diretta dovrà dare garanzie di economicità, praticità e velocità, utilizzando apparecchiature 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 aereato, 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 od 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. E' 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 agli 0 gradi centigradi, in quanto il bulbo gelerebbe.

Con l'aiuto della tabella psicrometrica si può immediatamente stabilire il tenore igrometrico dell'aria. E' 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 100 cm), con carotatrici al widia. I prelievi andranno effettuati a differenti altezze e sezioni verticali della muratura (primo campione in superficie, secondo campione a 15-20 cm di profondità). I campioni vengono immediatamente pesati con bilancia di precisione, successivamente essiccati, avendo l'accortezza di non superare la temperatura di 110 gradi C e quindi ripesiati 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 ammesso 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. E' 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. E' 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.

Art. 18.2 : 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 0,03 mm 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. E' necessaria una quantità minima di materiale (dai 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. 18.3 : 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 sopra citate caratteristiche sia all'esterno che 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 della 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 5 cm 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 così detta 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, permetterà 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 sollecitazione 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. 18.4 : 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 che 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. 19 : Modi di esecuzione di ogni categoria di lavori. Lavori preliminari

Art. 19.1 : 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. 19.2 : 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 12-25 cm 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 20 cm. Andranno disposte in modo che ognuna appoggi almeno su quattro traversi e si sovrappongano alle estremità per circa 40 cm.

La distanza tra antenne sarà di m 3,20-2,60, quella delle antenne dal muro m 1,50 circa, quella dei correnti tra loro di m 1,40-3,50 e quella dei traversi infine, 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 ad 8 m 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 1 m. 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 20 cm, 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 1 m 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 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 piatta 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 interassi 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 20 m o di notevole importanza andranno eretti in base ad un progetto redatto da un ingegnere o architetto abilitato.

Puntelli: interventi provvisori

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, lamiera, 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. 20 : Pulitura dei materiali

Art. 20.1 : Generalità

La pulitura consiste in una serie di operazioni per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene generatrici di degrado, che 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 che quindi 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 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 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 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 post-intervento. 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 B, ART.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 deteriore 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, decoesione 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. 20.2 : Sistemi di pulitura

Un primo livello di pulitura tende a rimuovere essenzialmente i depositi incoerenti (generalmente formati da particolato 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 (perlopiù 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 allogegne 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 dipende dalla porosità del materiale. Le sostanze da rimuovere possono essere ancora particolato 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, che 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 affetturare in canitere 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 con ugelli conici per la regolazione fine della sabbia 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 (attapulgite 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 2-3 cm. Per rallentare il processo di evaporazione dell'acqua potranno essere sigillate con fogli di polietilene. Potranno inoltre essere caricate con resine scambiatrici di ioni.

Apparecchiatura laser - L'apparecchiatura selettiva laser, ad alta precisione, è in grado di rimuovere depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro. Sottoposti ad impulsi successivi (spot) di raggio laser, i depositi di colore scuro vengono portati istantaneamente ad altissima temperatura e vaporizzati senza apprezzabile propagazione di calore e di vibrazioni alle parti sottostanti di colore chiaro, che riflettono il raggio. Il laser permette di rispettare integralmente la patina di materiali sui quali siano presenti croste e depositi nerastri; per contro ha alti costi di esercizio, dovuti alla specificità dell'apparecchiatura (presente in Italia in pochissimi esemplari) e ai tempi di intervento.

Microaerabrasivo - La microsabbiatura di precisione tramite microaerabrasivo utilizza aria compressa disidratata e ugelli in grado di proiettare microsfere di vetro o di allumina del diametro di qualche decina di micron. Il vantaggio dell'impiego della microsabbiatura 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 (0.5-1.5 atm); per essere impiegata al meglio, e per la delicatezza dell'apparecchiatura, richiede l'intervento di operatori particolarmente qualificati e su superfici poco estese. È particolarmente indicata sui materiali lapidei.

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.

Sabbiatura - 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 sabbiatura 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 pitturazioni 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'idrosabbiatura, la sabbiatura 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 ART. 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 attaccano le sostanze leganti dei depositi; sono per lo più sali (carbonati) di ammonio e di sodio, da applicare con supporti di carta giapponese o compresse 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 olii (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 sveriniciatori - 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 attaccano 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.

Non è infrequente il caso, inoltre, 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.

Art. 20.3 : 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. 20.4 : 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 ad es. 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 completamento dell'intervento di estirpazione meccanica che mai riuscirà a soddisfare i requisiti di cui sopra.

L'utilizzo 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) che 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 gg.

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. 20.5 : 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, perché 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 disinfestazione contro le alghe potranno essere utilizzati composti di rame quali il solfato di cupitetramina (NH₃)₄CuSO₄ e i complessi solfato di rame idrazina CuSO₄·(N₂H₅)₂SO₄, o anche i sali sodici dell'acido dimetilcarbammico e del mercaptobenzotriazolo.

I biocidi di cui al presente paragrafo sono generalmente solubili in acqua e saranno utilizzati per l'operazione di disinfestazione 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 cianoficee 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 10/20 cm 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,...) 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.

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. 21 : Consolidamento dei materiali

Art. 21.1 : 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 post-intervento).

Per le specifiche sui prodotti si veda 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. 21.2 : 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 perlopiù polimeri sintetici in soluzioni viscosi, che possono dare delle 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 infragiliscono 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.

Metodi applicativi

I metodi di applicazione dei prodotti consolidanti fluidi prevedono l'impiego di strumentazione elementare (pennelli, rulli, apparecchi a spruzzo airless) o, nei casi in cui è richiesta 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, 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 variano 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 (ad esempio di cartone imbevuto di resina epossidica), con lo scopo di recuperare il prodotto consolidante in eccesso. La zona da consolidare potrà essere riscoperta 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 calibrato 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 parte inferiore dello stesso un pettine o una spazzola con funzione di distributore.

Art. 22 : Protezione dei materiali

Art. 22.1 : 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 post-intervento.

Per le specifiche sui prodotti si veda 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 risolubili 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. 22.2 : 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 su 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 patogene esterne. E' 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 di 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 innanzitutto 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 chimici più efficaci appartengono alle stesse classi dei consolidanti organici (resine acriliche, siliconiche, acril-siliconiche, molto usate su intonaci e pietre), con l'aggiunta dei prodotti fluorurati. Questi ultimi, in particolare i perfluoropolietilici, sono sostanze molto resistenti agli inquinanti, ma tendono ad essere rimosse dall'acqua, per cui è allo studio la possibilità di additarle con sostanze idrorepellenti.

Per la protezione di alcuni materiali lapidei e dei metalli, oltre che delle terrecotte, vengono impiegati anche saponi metallici e cere microcristalline; i legnami vengono invece trattati con vernici trasparenti resinose, ignifughe e a filtro solare.

Art. 22.3 : 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. 23 : Malte e conglomerati

Art. 23.1 : Generalità

Le malte da utilizzarsi per le opere di conservazione dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti. Per questo motivo si dovranno 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 integrazioni con additivi, inerti, resine, polveri di marmo, cocci pesto, particolari prodotti di sintesi chimica, etc., 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 appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; 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, 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 che 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 aerea	Calce idraulica	Calce	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
18	N/mm2 (80 Kg/cm2) per l'equivalenza alla malta M2
15	N/mm2 (50 Kg/cm2) per l'equivalenza alla malta M3
12,5	N/mm2 (25 Kg/cm2) per l'equivalenza alla malta M4

Art. 23.2 : 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 le 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	0,80	
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 od 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 che 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. 23.3 : Malte additivate

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, migliorare la lavorabilità e 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: aereanti, ritardanti, acceleranti, fluidificanti-aereanti, 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 per mille rispetto alla quantità di cemento.

Plastificanti - Sostanze solide allo stato di polvere sottile, di pari finezza a quella del cemento. Tra i plastificanti si hanno: l'acetato di polivinile, la farina fossile, la bentonite. Sono in grado di migliorare la viscosità e la 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 coneguate, di agenti fluidificanti, aereanti e acceleranti.

Aereanti - 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 tensionative 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, dai 6 ai 12 lt di lattice per ogni sacco da 50 kg 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 malte 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 additivate con prodotti in grado di provocare aumento di volume all'impasto onde evitare fenomeni di disgregazione. L'utilizzo di questi prodotti sarà sempre utilizzato dietro indicazione della D.L. ed eventualmente 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 tests 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., 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.20 mm), 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 che alcalini, facilità di utilizzo, atossicità.

Art. 23.4 : Malte preconfezionate

Malte in grado di garantire maggiori garanzie rispetto a quelle dosate manualmente spesso senza le attrezzature idonee. Risulta infatti spesso difficoltoso riuscire a dosare in maniera corretta le ricette cemento/additivi, inerti/cementi, il dosaggio di particolari inerti, rinforzanti, additivi.

Si potrà quindi ricorrere a malte con dosaggio controllato 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 od 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, alle tecniche 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. 23.5 : 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 variane 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 utilizzo 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. 24 : 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 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). L'arriccio sarà da effettuarsi utilizzando piccole spatole evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta che 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 sotto-quadro 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 U.V.) o resine acriliche o acril-siliconiche.

Art. 25 : Intonaci e decorazioni, interventi di conservazione

Art. 25.1 : 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, od 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 arriccatura - Predisposte le fasce verticali, sotto regola di guida, in numero sufficiente verrà applicato alle murature un primo strato di malta comune detto rinzafo, 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 frattone 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 maggior diligenza, 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, lasciandolo 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 riscaldate e profilate con apposito ferro.

Art. 25.2 : 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 od 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 controfilo 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 oggetto, 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 od 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 od in pietra, l'Appaltatore è tenuto ad approntare il relativo modello in gesso al naturale, a richiesta della D.L.

Art. 25.3 : 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. 25.4 : SCHEDA: intonaci, stucchi, dipinti e dorature

Prescrizioni esecutive

Per intonaco s'intende uno strato di malta, a base di legante aereo o idraulico, con cui si ricoprono, per finitura, superfici murarie verticali e orizzontali, esterne e interne.

Gli intonaci in genere dovranno essere eseguiti in stagione opportuna, dopo avere rimossa dai giunti delle murature, la malta aderente, ripulita e 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, od altri difetti. Quelli comunque difettosi o che non presentassero la necessaria aderenza alle murature, dovranno essere demoliti e rifatti dall'Appaltatore a sue spese.

Ad opera finita l'intonaco dovrà avere uno spessore non inferiore ai mm. 15.

Le decorazioni pittoriche presenti all'interno di un fabbricato possono essere realizzate con diverse tecniche: a fresco, ad affresco e a tempera. Il trattamento da eseguire sulle superfici dovrebbe sempre mirare alla conservazione delle decorazioni esistenti; l'Appaltatore dovrà, quindi, evitare demolizioni e dismissioni tranne quando espressamente ordinato dalla D.L. ove essi risultino irreversibilmente alterati e degradati.

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 e autorizzazioni della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Le eventuali opere di ripristino saranno effettuate salvaguardando il manufatto e distinguendo le parti originarie da quelle ricostruite al fine di evitare la falsificazione di preziose testimonianze storiche. I materiali da utilizzare per il restauro ed il ripristino dovranno possedere accertate caratteristiche di compatibilità fisica, chimica e meccanica il più possibile simili a quelle dei materiali preesistenti; sarà, in ogni caso, da preferire l'impiego di materiali e tecniche appartenenti alla tradizione dell'artigianato locale. Qualora venisse richiesto il restauro "in situ" di dipinti murali, l'Appaltatore dovrà fare ricorso esclusivamente a tecnici specializzati.

INTONACI, STUCCHI, DIPINTI E DORATURE

1. PULITURA



1.1. Pulitura mediante lavaggio generale

Lavaggio generale delle superfici con specifica attrezzatura erogante acqua con pressione e temperatura da determinare in relazione alla consistenza del supporto, al fine di asportare polvere, sporco, parti sfarinanti e/o decoesionate. L'operazione di pulitura consentirà di procedere alle successive lavorazioni su superfici perfettamente pulite, secondo le regole della buona pratica.

- L'Operatore procede ad una prova preliminare di lavaggio per verificare che l'azione meccanica dell'acqua non sia eccessiva e provochi erosione delle superfici, in modo tale che nel confronto tra superficie da pulire e campionatura eseguita non si verifichino evidenti erosioni presenti su quest'ultima.
- L'Operatore, indossati gli indumenti protettivi di lavoro, procede all'esecuzione del lavaggio con acqua calda o fredda secondo le modalità definite dalla campionatura e stabilite dal progetto; la distanza dell'ugello erogatore dalla superficie deve essere costante e comunque mai inferiore a cm 5 o superiore a cm 20.
- Si procede preferibilmente dall'alto verso il basso con campiture limitate allo scopo di asportare rapidamente dalle superfici lo sporco rimosso evitando che questo possa penetrare nel supporto sottostante durante il percolamento delle acque reflue.
- Successivamente esegue un risciacquo con acqua calda o fredda secondo campionatura per parti contigue e consecutive; il risciacquo deve essere protratto fino alla eliminazione completa dei residui di sporco.
- Al termine del lavaggio, l'Operatore procede allo smontaggio dell'impianto riordinando adeguatamente le attrezzature; provvede alla rimozione di tutte le protezioni e alla pulizia dei residui a piè d'opera e di eventuali residui di lavorazione presenti sul ponteggio.



1.2. Pulitura manuale a secco

Pulitura a secco delle superfici in buono stato di conservazione e caratterizzate da colore saldamente ancorato al supporto, eseguita per leggero sfregamento con utilizzo di pennellesse, piccoli aspiratori, spugne, gomme wishab al fine di rimuovere i depositi superficiali relativamente coerenti ed aderenti alla superficie stessa.

L'Operatore, prima dell'inizio dell'intervento, procede ad un'accurata ispezione del supporto:

- Valuta la presenza di patine intenzionali, integrazioni a secco o meno dello strato pittorico, ridipinture, interventi recenti di restauro, ecc...;

- Verifica la consistenza del degrado, in particolare: la presenza di efflorescenze saline, la presenza di biodeteriogeni e depositi umiferi, la presenza di sporco, polveri, particolato, solfatazioni, la presenza di oli e sostanze grasse, distacchi, polverulenza dello strato cromatico (tenuta degli eventuali pigmenti);
- Verifica, in relazione alla tecnica di esecuzione della superficie ed in relazione allo specifico degrado, la effettiva possibilità di eseguire la pulitura a secco, ed in particolare: si verifica preventivamente se la pulitura a secco, anche se eseguita con la massima accortezza, può provocare asportazioni della pellicola pittorica;
- Se il supporto presentasse consistenti cristallizzazioni di sali questi dovranno essere previamente rimossi con semplice e delicata spolveratura con pennello morbido e, successivamente, si interverrà con estrazione dei sali solubili;
- Se il supporto fosse affetto da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda "Umidità");
- Se il supporto presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture, da condensazioni superficiali o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto e si lasceranno asciugare convenientemente le superfici prima di procedere alla pulitura a secco.

L'Operatore poi interviene come di seguito specificato:

- Provvede a delimitare piccole aree sulle quali eseguire campionature di pulitura a secco.
- Provvede alla pulitura delle superfici avendo cura di procedere dall'alto verso il basso, dalle aree più chiare (nel caso di molteplici cromie), a quelle via via più scure, seguendo e completando, volta dopo volta, i profili della campitura cromatica.

1.3. Pulitura con mezzi meccanici

Mira all'eliminazione dei depositi di diversa natura (polvere, nerofumo, scialbature, patine inorganiche, sali solubili, incrostazioni, stratificazione di materiali di precedenti restauri, prodotti carboniosi, microrganismi, micro e macroflora parassitaria, deiezione animali, ecc...) accumulati sulla superficie all'interno dell'intonaco che hanno effetti negativi per la sua conservazione.

L'impiego di mezzi meccanici consente una rimozione selettiva e puntuale di depositi di diversa natura (incoerenti e concrezioni). Può essere considerata anche una tecnica complementare ad altre tecniche di pulitura, da usare sia come operazione preliminare che come finitura.

Il sistema è da evitare nel caso di intonaci decorati con sollevamenti della cromia.

L'Operatore, prima dell'inizio dell'intervento, procede nelle seguenti fasi preliminari:

- Verifica la consistenza del supporto e delle superfici da sottoporre a pulitura: controlla che il supporto non sia eccessivamente fragile, che non vi siano parti eccessivamente decoese o in fase di avanzato distacco, che eventuali fessurazioni e cavillature siano state opportunamente sigillate (vd. successivo punto 2.5).
- Se le superfici sono in uno stato di conservazione accettabile l'operatore può dare inizio ai lavori di pulitura.
- Se vi fossero parti decoese o in uno stato di conservazione molto precario si farà precedere l'intervento di pulitura dal preconsolidamento (vd. successivo punto 2.1).
- Nel caso di impiego di microsabbiatrice di precisione, l'operatore regola l'intensità del getto di abrasivo attraverso l'apposita manopola posta sulla microaeroabrasivatrice.
- Procede all'esecuzione di campionature con l'abrasivo determinato dal progetto. In relazione all'esito della campionatura stessa possono essere utilizzati abrasivi differenti (es. polvere costituita da particelle sferiche di silice o allumina); in ogni caso la sabbia silicea sarà da preferirsi qualora si ritenga di non eccedere nella profondità della sabbiatura ovvero si desideri un'azione più delicata o graduale.

L'Operatore procede successivamente ad una preliminare saturazione della porosità del muro per evitare di veicolare del materiale all'interno dell'intonaco con impacchi di acqua distillata supportata con silice micronizzata o carta ovattata. Segue poi la rimozione dei depositi incoerenti (polvere, nerofumo, ecc...) con pulitura a secco mediante spazzole, pennelli morbidi in nylon, gomma-pane, spugne naturali, ed infine si procede nell'intervento vero e proprio:

- Rimozione selettiva e puntuale di concrezioni localizzate effettuata mediante polveri abrasive, bisturi, microfrese elettriche, microsabbiatrici (con granuli fini ed arrotondati), microscalpelli, ultrasuoni, (si tratta di una serie di procedure da usare con particolare cautela considerata l'elevata capacità abrasiva).
- Procede all'esecuzione della pulitura secondo le modalità definite della campionatura precedente.
- Inizia le operazioni di pulitura partendo possibilmente dall'alto verso il basso.
- Particolare attenzione dovrà essere posta a: mantenere una distanza costante dalla superficie da pulire, procedere per aree contigue ed omogenee, utilizzare gli strumenti, tipo microsabbiatrice, ad una pressione molto bassa (<1 atm), svuotare, al termine di ogni giornata lavorativa, la microaeroabrasivatrice e tutte le tubazioni ad essa collegate.
- Pulitura finale con cotone ed acqua deionizzata.
- Aspirazione del materiale rimosso al fine di evitare una successiva rideposizione.

1.4. Pulitura mediante acqua nebulizzata

L'intervento di pulitura mira alla eliminazione dei depositi di diversa natura (polvere, nerofumo, scialbature, patine inorganiche, sali solubili, incrostazioni, stratificazione di materiali di precedenti restauri, prodotti carboniosi, microrganismi, micro e macroflora parassitaria, deiezione animali, ecc...) accumulati sulla superficie all'interno dell'intonaco che hanno effetti negativi per la sua conservazione.

L'azione solvente dell'acqua consente la rimozione di depositi incoerenti e concrezioni in superficie e nella struttura porosa dell'intonaco. Il sistema è da escludere in presenza di decorazioni sensibili all'azione solvente dell'acqua (dorature, azzurrite, stesure o finiture a secco, ecc...).

Il ciclo di pulitura inizierà dall'alto verso il basso e l'acqua nebulizzata non colpirà direttamente le superfici oggetto del trattamento ma dovrà raggiungerle in fase di ricaduta. Per tale ragione va attentamente valutata la distanza fra ugello e superficie da pulire in modo da evitare effetti meccanici da parte delle gocce d'acqua, la cui azione deve solo estrinsecarsi attraverso una solubilizzazione. La durata dell'intervento varierà a seconda della natura chimica e dello spessore delle incrostazioni da rimuovere e potrà essere interrotta quando, a seguito delle misure di conducibilità elettrica delle acque reflue, si otterranno valori costanti accettabili. Durante le operazioni di pulitura si dovranno adeguatamente proteggere serramenti, vetri e quant'altro soggetto a infiltrazioni delle acque reflue. Si provvederà inoltre a controllare il deflusso delle acque in modo che non arrechino danno al passaggio pedonale e/o veicolare sottostante.

La pulitura con acqua nebulizzata dovrà essere eseguita con temperature non inferiori a 5-10 °C.

L'Operatore, prima dell'inizio dell'intervento, procede nelle seguenti fasi preliminari:

- Verifica la consistenza del supporto e delle superfici da sottoporre a pulitura e controlla che il supporto non sia eccessivamente poroso, che le condizioni atmosferiche siano accettabili, non ventose, che non vi siano parti decoese o in fase di avanzato distacco.

- In caso di necessità procederà al preconsolidamento delle superfici con applicazione a spruzzo convenzionale o a pennello di prodotto consolidante acrilico o etilsilicato a bassa concentrazione e ove necessario velature in carta giapponese (vd. successivo punto 2.1).
- Stuccatura provvisoria (con fogli di polietilene o malte magre) di eventuali lacune e soluzioni di continuità del rivestimento al fine di evitare impregnazioni d'acqua dell'apparecchio murario (vd. successivo punto 2.5).
- Partendo dall'alto verso il basso, fissa gli ugelli alla struttura mobile di sostegno o al ponteggio (facendo attenzione che non vi possano essere colature di ruggine sul manufatto da pulire); la distanza minima dell'impianto dal manufatto deve essere compresa tra 20 e 30 cm.
- Collega gli ugelli in successione fra di loro e con le tubazioni di adduzione aria e acqua.
- Esegue i collegamenti al compressore o alla pompa, al deionizzatore ed alla rete idrica.

L'Operatore procede successivamente all'intervento vero e proprio:

- Avvia il compressore e regola la pressione di uscita alla pompa dell'aria (max 5 bar) e apre il flusso dell'acqua di rete al deionizzatore e sull'apposito manometro verificando che la pressione all'interno della colonna non superi le 2 bar.
- Regola sugli ugelli, attraverso gli appositi regolatori, la miscela aria/acqua avendo cura che l'area di nebulizzazione di ogni ugello si sovrapponga leggermente a quella degli ugelli attigui. Verifica inoltre che la miscela aria/acqua non colpisca direttamente la superficie ma la raggiunga per caduta.
- Controlla periodicamente che non vi siano sbalzi di pressione nella portata idrica e che non si verifichino infiltrazioni d'acqua all'interno dell'edificio.
- Trascorso un tempo minimo di 30 minuti dalla attivazione dell'impianto l'operatore controlla visivamente l'esito della pulitura.
- Se l'esito della pulitura, al controllo visivo, è soddisfacente si provvede al controllo della conducibilità elettrica delle acque reflue in rapporto alla misura di conducibilità dell'acqua di erogazione dell'impianto. (N.B.: i due cilindri filtranti del deionizzatore devono essere utilizzati alternativamente). I campioni per le misure di conducibilità devono essere raccolti in contenitori di vetro da 100 cc. a chiusura ermetica; si lasciano depositare per 1 ora eventuali contenuti particellari. Si esegue quindi la misura di conducibilità che, in genere, non deve superare i 150 microsiemens; la pulitura deve essere proseguita, comunque, fino al raggiungimento di valori costanti di conducibilità. Se l'esito è positivo si procede allo spostamento o allo smontaggio dell'impianto.

1.5. Pulitura con biocida

Questo tipo di pulitura mira alla eliminazione di microrganismi, micro e macroflora parassitaria, deiezione animali, ecc... accumulati sulla superficie all'interno dell'intonaco che hanno effetti negativi per la sua conservazione.

L'impiego di un biocida mira a rimozione e contrasto di successivo sviluppo di microrganismi biodeterioranti presenti sull'intonaco (con l'ausilio di sostanze biocide appartenenti al gruppo dei fitofarmaci). Un alto tasso di umidità o la presenza, in particolare nella pittura a tempera, di sostanze organiche che costituiscono alimentazione dei microrganismi, sono le condizioni favorevoli allo sviluppo di microrganismi.

L'agente biocida impiegato non sarà dannoso per l'ambiente e per l'operatore, poco mobile e comunque verrà applicato con tutte le cautele del caso onde evitare ogni possibile reazione indesiderata o dannosa nei confronti delle superfici sulle quali sarà applicato.

L'efficacia del biocida, il sistema di applicazione ed il livello di concentrazione della sostanza attiva saranno verificati a mezzo di campionature. E' prevista anche una verifica dell'assenza di interazione negativa con prodotti da utilizzare nelle fasi successive.

Al termine delle operazioni verrà eseguito un accurato lavaggio delle superfici con acqua pulita a pressione moderata al fine di eliminare ogni traccia del biocida e dei rimanenti infestanti biologici.

L'Operatore procede nelle seguenti fasi preliminari:

- Esegue prove preliminari allo scopo di valutare l'efficacia del biocida, il suo livello di concentrazione ed eventuali reazioni con il supporto.
- Dopo un periodo di tempo variabile tra 1 e 2 settimane si osserverà l'effetto dell'intervento che si manifesterà con cambiamenti di colore (dal verde al grigio e poi al marrone) e con la trasformazione fisica della struttura che diventa secca e polverulenta.

L'Operatore procede successivamente all'intervento vero e proprio:

- Verifica che la struttura muraria non sia soggetta a fenomeni di umidità (risalita capillare, pioggia battente, stillicidio, ecc.) che possano provocare il rapido riprodursi dei fenomeni.
- Verifica che, per quanto possibile, le superfici oggetto dell'intervento biocida non siano in diretto contatto con elementi vegetali che possano provocare il rapido riprodursi dei fenomeni.
- Provvede ad eseguire le necessarie coperture protettive per non danneggiare le superfici limitrofe.
- Si accerta che l'operazione non avvenga in presenza di vento e che non sia previsto, entro i due giorni successivi, un evento di pioggia.
- Applica il prodotto, definito dal progetto o dalla D.L. e nella concentrazione stabilita dalle prove preliminari, a spruzzo manuale, fino a gocciolamento, quando l'organismo vegetale è in pieno sviluppo vegetativo.
- Se il biocida utilizzato è acqua ossigenata 120 Vol. si procederà per interventi ripetuti a distanza di 24 ore l'uno dall'altro fino alla totale "bruciatura" degli organismi vegetali.
- L'applicazione avviene a spruzzo, a pennello, o a impacco. E' comunque meglio evitare lo spruzzo perché consente un'applicazione poco omogenea e soprattutto, quando c'è vento, potrebbe favorire la dispersione del prodotto anche in zone sane dove non ce ne sarebbe bisogno. Qualora non sia possibile rimuovere le cause del fenomeno, l'intervento va ripetuto con periodicità poiché l'azione del biocida è temporanea.
- Dopo circa 5-15 giorni dal trattamento biocida si può procedere alla asportazione di cuscinetti muscinali, patine biologiche, ecc., che si presenteranno fragili e ingiallite.
- Si procede al risciacquo della superficie trattata con ripetuti lavaggi con acqua pulita e spazzole regolando la pressione in relazione alla consistenza del supporto.

1.6. Pulitura chimica

Questo tipo di pulitura mira all'eliminazione dei depositi di diversa natura (polvere, nerofumo, scialbature, patine inorganiche, sali solubili, incrostazioni, stratificazione di materiali di precedenti restauri, prodotti carboniosi, microrganismi, micro e macroflora parassitaria, deiezione animali, ecc...) accumulati sulla superficie all'interno dell'intonaco che hanno effetti negativi per la sua conservazione.

Il sistema utilizza la capacità dei prodotti usati (miscelati con opportuno supportante: polpa di carta, carbossimetilcellulosa, pasta di legno, silice micronizzata, sepiolite, ecc...) di rigonfiare ed ammorbidire le sostanze organiche presenti sulla superficie dell'intonaco consentendone il riconoscimento visivo quindi l'estrazione ed il parziale assorbimento da parte del supportante nonché la successiva rimozione meccanica con batuffoli di cotone, bastoncini cotonati o spugne naturali imbevute di solvente (nel caso di intonaci particolarmente scabrosi è previsto anche l'uso di vaporizzatori). La scelta dell'ispessente o supportante sarà determinata dal grado di

assorbimento della superficie e dalle specifiche condizioni ambientali, quella dell'agente pulitore dalle caratteristiche dello strato superficiale, dei leganti utilizzati, della natura dello sporco o strato da asportare. Dopo il necessario tempo di contatto, che verrà definito a seguito di prove, l'impacco verrà rimosso e la superficie verrà risciacquata con acqua deionizzata. L'operazione potrà essere ripetuta ove siano rimasti depositi di sporco più tenaci. Gli impacchi dovranno essere eseguiti con temperature non inferiori a 5-10°C. Successiva rimozione dalle superfici, a tampone o per impacco, di eventuali strati costituiti da cere o sostanze grasse con getti di vapore saturo oppure con opportuni solventi (acetone, cloruro di metilene, trielina, essenza di trementina, ecc...).

Tale metodo è consigliato per la pulitura di superfici affrescate con ritocchi a secco (in particolare colori dalle tonalità scure) e per dorature poiché intacca lo strato preparatorio organico.

L'Operatore dovrà innanzitutto eseguire prove preliminari di pulitura per stabilire tempi e concentrazione, dopodiché:

- Predisporre le opportune protezioni con carte, fogli di polietilene o altro sistema idoneo ad evitare possibilità di imbrattamento, in particolare delle superfici limitrofe all'area sulla quale eseguire l'impacco.
- Se ritenuto necessario dalla D.L., prima di procedere all'applicazione dell'impacco, si stenderà un foglio di carta giapponese di dimensioni e grammatura adeguata alla pulitura in corso (debordando abbondantemente sulle aree adiacenti a quelle oggetto dell'impacco e su quelle eventualmente già trattate) facendolo aderire alla superficie tamponando il retro del foglio con acqua distillata o carbonato d'ammonio e, dopo la posa in opera, eseguendo una nuova tamponatura con pennello imbevuto di acqua distillata o carbonato d'ammonio. Tale operazione consente un'azione uniforme dell'impacco, ne facilita la rimozione e costituisce uno strato di separazione tra il deposito di sudicio e l'impacco stesso.
- Stesura di impacco uniforme con ispessente (pasta cellulosica, seppiolite, attapulgite, silice micronizzata) e carbonato d'ammonio (opportunamente diluito oppure in soluzione satura) che va lasciato in opera per un periodo di tempo (che può raggiungere anche le 24 ore), calcolato con campionature, in base alla tenacia delle sostanze da rimuovere. L'impasto che ne deriva deve risultare morbido e malleabile in misura tale da permetterne l'applicazione sulle superfici interessate senza cadute di materiale o percolazioni di liquido in eccesso sulle zone limitrofe. Nel caso di decorazioni pittoriche con problemi di spolveramento è da evitare l'uso dell'impacco; sarà sufficiente tamponare la carta giapponese con acqua e carbonato d'ammonio (il solfato di calcio che ha causato la pulverulenza si trasforma in solfato di ammonio solubile) per far riadagiare la pellicola pittorica e contemporaneamente lo strato di sudicio rigonfiato viene via via assorbito dalla carta.
- Al termine del periodo di tempo stabilito, l'Operatore provvederà a rimuovere l'impacco dalle superfici e, successivamente, a tamponare le superfici trattate con delicato lavaggio di acqua distillata per rimuovere ed asportare ogni residuo dell'ispessente e di ogni eventuale sostanza solvente residua.

1.7. Pulitura graffiti

Questo intervento di pulitura mira alla eliminazione dei cosiddetti graffiti.

Per scoraggiare i graffitari è possibile ricorrere ad un sistema di operazioni di trattamento anticrittura che comprende: rimozione del graffito, protezione del manufatto, eventuale rimozione del graffito dal supporto protetto e manutenzione intesa come ripristino della protezione. Il principio di funzionamento dei sistemi di trattamento anticrittura è quello di impedire l'assorbimento delle vernici e degli inchiostri da parte dei materiali e di rendere semplice la loro rimozione limitando la presenza della scritta alla sola pellicola esterna. I prodotti impiegati devono avere le seguenti caratteristiche: resistenza alle aggressioni atmosferiche, resistenza a depositi di polvere e sostanze oleose, permeabilità al vapore, reversibilità e asportabilità consentendo l'applicazione di altri trattamenti più efficaci. La rimozione dei graffiti non deve in alcun modo danneggiare i supporti trattati: questo richiede una perfetta conoscenza del materiale sul quale intervenire e del prodotto utilizzato per realizzare il graffito. Al fine di limitare l'assorbimento del prodotto ed il suo completo indurimento la pulitura di un manufatto imbrattato dalle scritte dovrebbe avvenire immediatamente dopo l'atto vandalico. Per superfici non preventivamente protette, il sistema efficace, ma invasivo nei confronti della superficie, è dato da quelle tecniche che impiegano speciali detergenti acidi o alcalini combinati con idropulitrici (non può essere utilizzato su edifici vincolati). Anche il sistema laser può essere una valida alternativa (è sempre necessario testare l'effettiva efficacia del sistema per la rimozione delle pitture spray). Su superfici protette si utilizzano i removers, prodotti a base di solvente o detergenti. Il trattamento protettivo impedisce al colore di penetrare e la rimozione diviene così più facile ed economica e può essere ripetuta un certo numero di volte in relazione alla durata del trattamento protettivo.

1.8. Pulitura mediante estrazione di sali solubili

Estrazione di sali solubili (nitriti, nitrati, cloruri, solfati, ecc) con l'utilizzo di impacchi di acqua distillata in adatto ispessente o supportante su eventuale strato separatore in carta giapponese. La scelta dell'ispessente sarà determinata dal grado di assorbimento della superficie e dalle specifiche condizioni ambientali. L'operazione verrà eseguita con tempi di contatto stabiliti a seguito di campionature preliminari e verrà ripetuta più volte sino alla totale eliminazione della salinità affiorante avendo cura di non protrarre eccessivamente i tempi di applicazione di ogni singolo impacco al fine di evitare la trasmigrazione dei sali disciolti più in profondità nella muratura.

L'Operatore, durante la fase preliminare, opera come segue:

- 3) Valuta la presenza di patine intenzionali, integrazioni a secco o meno dello strato pittorico, ridipinture, interventi recenti di restauro, ecc.
- 4) Esamina lo stato delle superfici da sottoporre a prove di pulitura e verifica la consistenza del degrado; verifica in particolare: la presenza di biodeteriogeni e depositi umiferi, la presenza di sporco, polveri, particellato, solfatazioni, la presenza di oli e sostanze grasse, distacchi dei dipinti dall'intonaco di supporto e/o di questo dalla muratura.
- 5) Analizza, se previsto dal progetto, le tipologie di sali presenti (nitriti, nitrati, cloruri, solfati, ecc...).
- 6) Verifica, in base alle condizioni del supporto, se l'intervento di estrazione dei sali solubili sia tecnicamente fattibile o se in precedenza devono essere eseguite opere di bonifica (p.es. riparazione di coperture, controllo dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, eliminazione di risalite capillari).
- 7) Se i sali presenti fossero costituiti da solfati si valuterà l'opportunità di eseguire l'asportazione con impacchi di carbonato d'ammonio.
- 8) Miscela manualmente, in un apposito recipiente in plastica pulito, l'ispessente e l'acqua distillata; l'impasto che ne deriva deve risultare morbido e malleabile in misura tale da permetterne l'applicazione sulle superfici interessate senza cadute di materiale o percolazioni di acqua distillata in eccesso sulle zone limitrofe.
- 9) Predisporre protezioni con carte, fogli di polietilene o altro sistema idoneo ad evitare possibilità di imbrattamento.
- 10) Applica al contorno della zona di impacco una fascia assorbente di larghezza circa 10cm realizzata con polpa di cellulosa a fibra lunga impastata con poca acqua distillata. La pasta di cellulosa così realizzata, e pressata con forza sulle superfici, formerà una fascia di contenimento che dovrà essere in grado di intercettare ed assorbire il liquido in eccesso eventualmente percolante dalle zone di impacco.

L'Operatore procede all'applicazione dell'impacco come segue:

- 11) Stenderà, se ritenuto necessario, prima di procedere all'applicazione dell'impacco, un foglio di carta giapponese di dimensioni e grammatura adeguata facendolo aderire alla superficie tamponando il retro del foglio con acqua distillata e, dopo la posa in opera, eseguendo una nuova tamponatura con pennello imbevuto di acqua distillata.
- 12) Prenderà dal recipiente il materiale predisposto per l'impacco che verrà applicato manualmente sulla superficie per uno spessore di almeno 1cm;
- 13) Lascerà l'impacco in loco per un periodo di tempo verificato come sufficiente dalle preventive campionature, ma facendo attenzione, soprattutto se si opera su superfici all'esterno, che la variabilità dei parametri climatologici non alteri significativamente il tenore di umidità dell'impacco stesso tale da invertire il gradiente tra muratura ed impacco. Per evitare tale inconveniente è indispensabile applicare pellicole plastiche protettive sull'impacco, ben sigillate sui bordi e provvedere regolarmente ad inumidire l'impacco stesso con spruzzature di acqua distillata.

Al termine del periodo di tempo stabilito, L'Operatore provvederà a rimuovere l'impacco dalle superfici e, successivamente, a tamponare le superfici trattate con delicati lavaggi con acqua distillata per rimuovere ed asportare ogni residuo dell'ispessente e di eventuale salinità residua.

2. CONSOLIDAMENTO

2.1. Preconsolidamento

L'operazione si rende necessaria nei casi in cui l'avanzato processo di degrado del materiale impedisce l'esecuzione di normali procedure di pulitura degli intonaci viste nei paragrafi precedenti. Il preconsolidamento si esegue, limitando l'intervento alla minima quantità necessaria, con procedure e materiali il più possibile reversibili (bendaggi con carta giapponese, con garze, fissativi in soluzione, ecc...) al fine di consentire le successive operazioni di pulitura. Il prodotto preconsolidante non dovrà fissare i materiali estranei depositati sulla superficie così da renderne difficoltosa la pulitura, né limitare le possibilità di penetrazione del prodotto da utilizzare nel successivo consolidamento definitivo.

L'operatore, prima dell'intervento vero e proprio, esegue le seguenti fasi preliminari:

- a) Valuta la tecnica di esecuzione, la presenza di eventuali patine intenzionali, di interventi di restauro, ecc...
- b) Verifica la presenza di efflorescenze saline, la presenza di biodeteriogeni e depositi umiferi, la presenza di sporco, polveri, particolato, solfatazioni, la presenza di oli e sostanze grasse, distacchi dell'intonaco dalla muratura.
- c) Verifica, in base alle condizioni del supporto, se il preconsolidamento sia tecnicamente fattibile o se in precedenza devono essere eseguite opere di bonifica (per es. riparazione di coperture, controllo dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, eliminazione di risalita capillare, ecc...).
- d) Procede all'esecuzione di prova preliminare con il materiale previsto dal progetto già pronto all'uso (concentrazione eventualmente stabilita in precedenza dal progetto a seguito di prove preliminari) previa applicazione, se previsto, di velinatura con carta giapponese o velatino di cotone.
- e) Verifica che il prodotto utilizzato possieda: buona azione fissativa-adesiva delle parti di colore sollevate, resistenza nei confronti dei prodotti previsti per la pulitura, azione non fissativa nei confronti dello sporco depositato sulla superficie, compatibilità tecnologica e chimica nei confronti del successivo e definitivo processo di consolidamento.
- f) Predisporre le opportune protezioni sulle superfici limitrofe a quelle da preconsolidare in modo che queste non vengano a contatto con il prodotto preconsolidante.

L'Operatore successivamente procede alla stesura del prodotto preconsolidante:

- Verifica innanzitutto le condizioni atmosferiche e controlla che le temperature siano comprese tra +5 e 35°C con U.R. non superiore al 70%. Se ritenuto necessario e comunque se previsto dal progetto, prima di procedere alla esecuzione del preconsolidamento, stenderà un foglio di carta giapponese o velatino di cotone di dimensioni e grammatura adeguata all'operazione in corso facendolo aderire alla superficie tamponando il retro del foglio con il prodotto preconsolidante o acqua distillata e, dopo la posa in opera, eseguendo una nuova tamponatura con pennello imbevuto di preconsolidante o acqua distillata.

APPLICAZIONE AD IMPACCO:

L'Operatore procede all'applicazione dell'impacco come segue:

- delimita la zona di intervento prevedendo l'applicazione dell'impacco consolidante sulle aree previste dal progetto e/o definite in base agli esiti delle indagini diagnostiche;
- stenderà sempre, prima di procedere alla applicazione dell'impacco preconsolidante, un foglio di carta giapponese di dimensioni e grammatura adeguata alla campionatura in corso (debordando abbondantemente sulle aree adiacenti a quelle oggetto dell'impacco e su quelle eventualmente già trattate);
- tamponerà con ovatta di cotone e acqua distillata la superficie velinata per ottenere il ricollocamento in sede delle zone sollevate;
- prenderà dal recipiente l'impacco che verrà applicato manualmente sulla superficie e pressato con il dorso della mano in spessori adeguati (almeno 1.5cm), facendolo ben aderire alla superficie evitando la presenza di bolle d'aria; si lascerà l'impacco in loco per un periodo di tempo verificato come adeguato dalle preventive campionature. Prima di iniziare le opere di pulitura si lascerà passare almeno una settimana di tempo per consentire il completo effetto consolidante.

APPLICAZIONE A PENNELLO:

- L'operatore deve procedere dall'alto verso il basso, per aree omogenee;
- deve distribuire uniformemente il prodotto facendolo penetrare nel supporto avendo cura di non lasciare sormonti e sovrapposizioni;
- non deve lasciare asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra;
- le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sulla superficie dopo completamento dell'operazione dovranno essere asportate o, se possibile, fatte penetrare, con la applicazione del solo solvente di diluizione.

APPLICAZIONE A SPRUZZO MANUALE:

- L'operatore mette in pressione lo spruzzatore manuale, regola il flusso di uscita del prodotto garantendone una nebulizzazione finissima;
- l'operatore deve procedere dall'alto verso il basso, per aree omogenee;
- distribuire uniformemente il prodotto senza percolamenti avendo cura di non lasciare sormonti e sovrapposizioni;
- non lasciare asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra;
- le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sulle superfici dopo completamento dell'operazione dovranno essere asportate o, se possibile, fatte penetrare, con l'applicazione del solo solvente di diluizione.

2.2. Consolidamento di intonaco distaccato mediante iniezioni a base di miscele idrauliche

Il consolidamento in profondità prevede l'applicazione di un opportuno materiale in grado di migliorare l'adesione della porzione alterata al substrato sano. E' da rilevare che attualmente non esistono materiali consolidanti completamente reversibili, in considerazione anche del fatto che tale materiale è veicolato negli strati più profondi dell'intonaco. E' pertanto indispensabile utilizzare il consolidamento solo nei casi assolutamente necessari.

Dopo avere ispezionato le superfici ed individuato le zone interessate da distacchi, e aver provveduto a sigillare le eventuali fessurazioni presenti al fine di evitare fuoriuscite del prodotto di iniezione, l'Operatore dovrà eseguire le perforazioni con attrezzi ad esclusiva rotazione limitando l'intervento alle parti distaccate, individuate mediante puntuale battitura delle zone oggetto dell'intervento con leggeri e ravvicinati colpi di martelletto di gomma o con le nocche della mano, ascoltandone le risposte acustiche: le zone in fase di distacco sono quelle che alla battitura danno una risposta sonora sorda. Egli, per la precisione, iniziando la lavorazione a partire dalla quota più elevata, dovrà:

- Eseguire la foratura dell'intonaco utilizzando un trapanino manuale con punte di diametro adeguato (2/3 mm circa) evitando percussioni e vibrazioni eccessive. La quantità di fori per unità di superficie da consolidare sarà valutata in base all'effettivo stato di conservazione dell'intonaco. L'operatore agirà preferibilmente, e se possibile, attraverso ancoraggi per punti sfruttando, come punti di iniezione, abrasioni, lacune, fessurazioni o fori già presenti sulle superfici.
- Aspirare mediante una pipetta in gomma i detriti della perforazione, le polveri depositatesi all'interno dell'intonaco o quant'altro possa ostacolare l'immissione e la percolazione del prodotto adesivo.
- Iniettare con una siringa una miscela acqua/alcool all'interno dell'intonaco al fine di pulire la zona distaccata e di umidificare la muratura.
- Applicare all'interno del foro un batuffolo di cotone;
- Iniettare, attraverso il batuffolo di cotone, una soluzione a base di adesivo acrilico in emulsione (primer) avendo cura di evitare il riflusso verso l'esterno;
- Attendere che la soluzione acrilica abbia fatto presa;
- Iniettare, dopo aver asportato il batuffolo 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'Operatore dovrà rimuovere l'ostruzione con iniezioni d'acqua a leggera pressione oppure mediante gli attrezzi meccanici consigliati dalla D.L.
- L'operatore procede alla verifica dell'avvenuto indurimento del formulato (il tempo necessario alla presa varia a seconda del volume di prodotto impiegato, della temperatura e dell'umidità relativa); procede poi all'asportazione delle cannule e del sigillante di tenuta e alla successiva chiusura dei fori con stucco composto di grassello di calce e polveri di marmo, avendo cura di lasciare la sigillatura in sottolivello rispetto al filo esterno dell'intonaco in relazione alle indicazioni di progetto.

2.3. Consolidamento di intonaco distaccato mediante microbarre di armatura

Nell'ispezionare l'intonaco ed individuare le parti in via di distacco, l'Operatore avrà l'obbligo di puntellare le zone che potrebbero accusare notevoli danni a causa delle sollecitazioni prodotte dai lavori di restauro. Quindi, dovrà:

- Praticare delle perforazioni aventi il diametro e la profondità prescritti dagli elaborati di progetto o ordinati dalla D.L.
- Aspirare mediante una pompetta di gomma i detriti e la polvere.
- Iniettare all'interno del foro una miscela di acqua/alcool in modo da pulire la sua superficie interna ed umidificare la muratura.
- Applicare nel foro un batuffolo di cotone.
- Provvedere alla sigillatura delle zone in cui si siano manifestate, durante la precedente iniezione, perdite di liquido.
- Iniettare, se richiesto, una soluzione a base di adesivi acrilici in emulsione (primer).
- Iniettare, dopo aver asportato il batuffolo di cotone, una parte della miscela idraulica in modo da riempire il 50% circa del volume del foro.
- Collocare la barra d'armatura precedentemente tagliata a misura.
- Iniettare la rimanente parte di miscela idraulica evitando che pericoli lungo le superfici esterne.

2.4. Consolidamento corticale

L'intervento di consolidamento prevede l'applicazione di un opportuno materiale in grado di migliorare la coesione dello strato d'intonaco alterato (polveroso, in agglomerati di particelle incoerenti, in scaglie) e le sue caratteristiche meccaniche (con prodotti a bassa resistenza a trazione).

Il consolidamento corticale dell'intonaco esistente avviene con applicazione per impacco, a spruzzo o pennello di prodotto consolidante (a base di resine acriliche, silicato di etile, silicato di potassio mono/bicomponente, acqua di calce, idrossido di bario) in soluzione di solventi inorganici a lenta evaporazione o diluenti specifici, con rapporto di diluizione definito a seguito di prove precedentemente eseguite in cantiere. Il prodotto consolidante verrà applicato sulle superfici con tecnica adeguata alle caratteristiche ed allo stato di conservazione della superficie previa esecuzione di necessarie campionature.

La applicazione avverrà su superfici asciutte, preparate a parte, con temperatura ambiente e della superficie compresa tra +5 e +35 °C e con U.R. non superiore al 70% in assenza di vento, fumi o vapori inquinanti.

In caso di interventi su intonaci posti all'aperto il consolidamento con resina acrilica può provocare problemi di ingrigimento della superficie (con deposito di sudicio e polvere provocati dall'azione elettrostatica delle resine) o di successivo degrado dovuto ad un diverso comportamento agli sbalzi igrotermici all'acqua della resina rispetto all'intonaco.

L'operatore, in primo luogo, ispeziona il supporto:

- 5) Esamina lo stato delle superfici da consolidare, verifica la presenza di eventuali deterioramenti.
- 6) Verifica il risultato delle operazioni di pulitura, in particolare: la presenza di efflorescenze saline, la presenza di biodeteriogeni e depositi umiferi, la presenza di sporco, polveri, particellato, croste nere, guano, ecc., la presenza di oli e sostanze grasse.
- 7) Verifica visivamente, oppure per inchiesta verbale, che non siano state applicate imprimiture o fondi incompatibili dal punto di vista fisico, chimico o meccanico, che potrebbero rendere incerta l'adesione del consolidante al supporto.
- 8) Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi del supporto.
- 9) Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado del supporto.
- 10) Se il supporto presentasse contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi.
- 11) Se il supporto è affetto da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda "UMIDITA").
- 12) Se il supporto presenta macchie di umidità ad infiltrazioni dalle coperture o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto e si lasceranno asciugare convenientemente le superfici prima di procedere alle opere di consolidamento.

L'operatore procede poi all'esecuzione di prova preliminare con il materiale previsto dal progetto già pronto all'uso (concentrazione eventualmente stabilita in precedenza dal progetto a seguito di prove di laboratorio) previa applicazione, se previsto dal progetto, di velinatura con carta giapponese o velatino di cotone;

- 5) ad avvenuta reazione del prodotto si procede ad un esame visivo delle campionature eseguite per verificare, grado di sfarinamento residuo delle superfici, presenza di zone traslucide, scurimento delle superfici con "effetto bagnato", formazione di patine biancastre.

Se la prova preliminare non è soddisfacente si procede a nuova prova come segue:

- 6) nel caso di sfarinamento persistente applicare materiale con 1-3 valori % in più di residuo secco;
7) nel caso di presenza di zone traslucide, scurimenti con "effetto bagnato" o patine, utilizzare il prodotto più diluito rispetto alla prima prova.
8) se anche la seconda la prova preliminare non fosse soddisfacente si sospende la applicazione del prodotto in attesa di eventuali modifiche di progetto.

L'Operatore procede infine all'applicazione del prodotto consolidante scelto:

APPLICAZIONE A IMPACCO

- Stenderà sempre, prima di procedere alla applicazione dell'impacco consolidante, un foglio di carta giapponese di dimensioni e grammatura adeguata alla campitura definita (debordando abbondantemente sulle aree adiacenti a quelle oggetto dell'impacco e su quelle eventualmente già trattate) facendolo aderire sulla superficie tamponando il retro del foglio con acqua distillata e, dopo la posa in opera, eseguendo una nuova tamponatura con pennello imbevuto di acqua distillata.
- Prenderà dal recipiente l'impacco che verrà applicato manualmente sulla superficie velinata per ottenere il ricollocamento in sede di eventuali zone di colore sollevate.
- Prenderà dal recipiente l'impacco che verrà applicato manualmente sulla superficie e pressato con il dorso della mano in spessori adeguati (almeno 1.5cm), facendolo ben aderire alla superficie evitando la formazione di bolle d'aria.
- Provvederà a controllare che l'impacco sia sempre compatto e non si fessuri.

APPLICAZIONE A PENNELLO

L'operatore deve:

- Verificare che tale sistema di applicazione non produca trascinamento del pigmento sulla superficie con conseguente alterazione dei cromatismi (in questo caso può essere utile applicare in precedenza sulle superfici uno strato di velinatura). Il prodotto deve percolare lentamente e con il pennello si accompagna da sotto in su senza tirare il liquido.
- Procedere dall'alto verso il basso, per aree omogenee, con uso di personale in numero adeguato all'entità e alla tipologia delle superfici da consolidare.
- Distribuire uniformemente ed in abbondanza il prodotto facendolo percolare per gravità avendo cura di non lasciare sormonti e sovrapposizioni.
- Non lasciare asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra.
- Controllare che la quantità di prodotto applicato corrisponda alle indicazioni di progetto.
- Le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sulle superfici dopo completamento dell'operazione dovranno essere asportate o, se possibile, fatte penetrare, con la applicazione del solo solvente di diluizione.

APPLICAZIONE A SPRUZZO (con pressione piuttosto bassa per evitare ulteriori danni all'intonaco sgretolato)

L'operatore provvede alla messa in funzione dell'impianto di spruzzatura e inoltre:

- 14) Esegue una prima passata con solo solvente (lo stesso con il quale è diluito il consolidante); l'operatore controlla che l'ugello erogatore produca un getto nebulizzato e che l'area coperta dal getto sia di dimensioni adeguate.
- 15) Procede dall'alto verso il basso, per aree omogenee.
- 16) distribuisce uniformemente ed in abbondanza il prodotto facendolo percolare per gravità avendo cura di non lasciare sormonti e sovrapposizioni.
- 17) non lascia asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra.
- 18) interrompe l'applicazione solo quando il supporto risulta essere saturo.
- 19) Le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sulle superficie dopo completamento dell'operazione dovranno essere asportate o, se possibile, fatte penetrare, con la applicazione del solo solvente di diluizione.



2.5. Consolidamento mediante idrossido di bario

L'idrossido di bario 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.

La composizione chimica del materiale trattato con l'idrossido di bario cambia solo minimamente; il prodotto consolidante (carbonato di bario) ha un coefficiente di dilatazione termica 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 origine a prodotti patogeni.

L'applicazione avviene mediante impacco di pasta di legno su carta giapponese.



2.6. ...

3. RIMOZIONE



3.1. Rimozione di intonaco eccessivamente decoeso

Asportazione degli intonaci esistenti mediante azione manuale e/o meccanica.

Durante questa operazione si avrà cura di evitare danneggiamenti a serramenti, pensiline, parapetti e a tutto quanto non asportabile a cura del Committente.

Calo del materiale di risulta al piano terra, carico su automezzo e trasporto alle PP.DD.

Lavaggio con un metodo adeguato al tipo ed alle condizioni del supporto di tutte le superfici al fine di eliminare residui di polveri e calcinacci (prezzo valutato sulla base della previsione di uno spessore medio di cm. 2).

- 20) L'operatore procede all'intervento di demolizione dell'intonaco partendo dall'alto verso il basso, distaccando parti limitate e di peso non eccessivo ed eliminando manualmente parti sollevate di notevole spessore. La demolizione dovrà sempre essere controllata, dovrà limitarsi alla asportazione dell'intonaco senza intaccare la muratura di supporto ed eventuali aree limitrofe di intonaco da conservare. La demolizione sarà preferibilmente eseguita con mezzi manuali.
- 21) Qualora l'estensione o la durezza delle superfici da asportare lo richiedesse potranno essere utilizzati mezzi elettromeccanici. In questo caso le precauzioni d'uso e le attenzioni da porre in fase esecutiva dovranno essere ancora maggiori per evitare danni a cose e/o persone o danni al supporto murario.
- 22) L'operatore procede al lavaggio delle superfici murarie dopo stonacatura con un metodo adeguato al tipo ed alle condizioni del supporto.
- 23) L'operatore procede alla discesa controllata delle macerie dall'alto verso il basso ed alla pulizia delle aree limitrofe al cantiere.
- 24) L'operatore procede al caricamento delle macerie sul piano di carico del mezzo di trasporto per lo smaltimento alla discarica.
- 25) L'operatore provvederà a controllare che tra i materiali di risulta della demolizione dell'intonaco non siano presenti materiali ad essi non assimilabili ai fini dello smaltimento.

3.2. Rimozione consistente in raschiatura parziale e/o totale di tinte e pitture

Raschiatura parziale o totale di esistenti strati di coloriture e protettivi eseguita con mezzi meccanici (spatole o raschietti) o chimici. Nel caso della raschiatura con sistemi chimici si provvederà alla stesura sulle superfici di un prodotto decapante e successiva rimozione, a reazione chimica avvenuta, mediante utilizzo di raschietti metallici.

Durante queste operazioni si avrà cura di evitare danneggiamenti a serramenti, pensiline, parapetti e a tutto quanto non asportabile a cura del committente.

La raschiatura dovrà essere limitata alle sole parti staccate o in fase di distacco e non dovrà in nessun caso interessare gli strati più superficiali del sottofondo. Eventuali parti delle preesistenti coloriture che risultassero ancora ben aderenti al supporto saranno conservate.

Eventuali differenze di planarità tra superfici raschiate e non, saranno annullate con leggere carteggiature e stuccature.

In caso di raschiatura parziale, l'Operatore, preliminarmente, dovrà:

- 26) Eseguire una prova preliminare su una superficie significativa di almeno 100 cm², (un quadrato di 10 cm per lato) distribuita su diversi punti della superficie oggetto d'intervento allo scopo di verificare l'adesione al supporto dei vari strati di tinta o pittura. L'operazione andrà eseguita utilizzando lame da taglio e righe metalliche per l'ottenimento di linee rette.
- 27) La conservazione degli strati più antichi (ed eventualmente anche di quello più superficiale) dipenderà dalle indicazioni di progetto e da valutazioni di opportunità e possibilità tecnico-economiche.

Secondo gli esiti della prova preliminare si procede all'esecuzione della raschiatura parziale avendo cura di:

- Adottare le opportune protezioni personali.
- Eseguire l'operazione solamente sulle parti staccate o in fase di distacco, avendo cura di non intaccare il sottofondo e i suoi strati più superficiali;
- Nel caso di presenza di strati e cromie sottostanti ben conservati, questi devono essere rigorosamente mantenuti in sito.
- La raschiatura viene eseguita utilizzando sempre attrezzature adeguate e controllabili in relazione alla dimensione delle aree da raschiare ed alla consistenza degli strati da eliminare. Si dovranno utilizzare, se le condizioni di lavoro lo richiederanno, anche raschietti molto piccoli o bisturi.

In caso di raschiatura totale, l'Operatore, preliminarmente, dovrà seguire le seguenti fasi:

- Eseguire, su parte della superficie da raschiare, una prova campione applicando, sulla prima metà della superficie, un primo strato di prodotto sverniciante, dato a pennello.
- Trascorso il tempo di circa 10 - 15 minuti, e comunque prima della asciugatura del prodotto sverniciante, si procede alla rimozione, per mezzo di raschietti, del rivestimento in opera.
- Se un primo strato non fosse sufficiente, si procederà ad una nuova applicazione, operando come al punto precedente.
- Sulla seconda metà della superficie di campionatura, l'Operatore procede all'azione con mezzi meccanici.
- Valutare il tempo impiegato per le due campionature e, visivamente, l'efficacia dei due sistemi, in rapporto alle quantità di strato asportato ed alle condizioni del supporto dopo campionatura. In funzione del tempo di esecuzione, efficacia e compatibilità del sistema, l'operatore procede alla definizione del metodo di raschiatura.

Secondo gli esiti della prova preliminare, l'Operatore procede all'esecuzione della raschiatura totale come segue:

- Nel caso in cui si opti per la raschiatura con sverniciatore:

- Protegge tutto quanto può essere danneggiato dall'uso di prodotti svernicianti.
- Applica a pennello il prodotto sverniciante sulla superficie, nella quantità prevista dalla campionatura eseguita e/o delle specifiche di progetto.
- Dopo il tempo di attesa previsto dalla campionatura, procede alla rimozione del rivestimento in opera attraverso l'uso di spatole, raschietti metallici o altri strumenti che comunque non vadano a danneggiare il supporto.
- Se una sola applicazione di sverniciante non fosse sufficiente, procede alla ripetizione dell'operazione secondo le modalità sopra descritte.
- Procede all'immediato lavaggio delle superfici prima dell'asciugatura di residui di sverniciatore.
- Esegue l'operazione di lavaggio settorialmente, secondo le modalità usuali, prima che eventuali residui di sverniciatore asciughino sulla superficie.
- Nel caso in cui si opti per la raschiatura con mezzi meccanici, invece:
 - Procede alla protezione di tutto quanto può essere danneggiato dalla raschiatura con uso di tali mezzi.
 - Verifica la natura del rivestimento da rimuovere ed impiega il mezzo meccanico più idoneo in modo da non arrecare alcun danno al supporto.
 - Procede poi alla raschiatura attraverso l'uso di spatole a manico lungo, raschietti o altri strumenti che comunque non vadano a danneggiare il supporto.
 - Procede al lavaggio della superficie, una volta terminata l'operazione di raschiatura e la raccolta del materiale di risulta.

3.3. ...

4. REALIZZAZIONE PARTI NUOVE

4.1. Realizzazione di stuccatura di fessurazioni

L'operazione si rende necessaria unicamente allo scopo di evitare la veicolazione attraverso le fratture e le interruzioni dell'intonaco, non risarcite dall'opera di consolidamento, di ulteriore degrado. L'intervento ha la funzione di sostenere e rinforzare i bordi dell'intonaco rimasto (salvabordo) e può prevedere il risarcimento parziale o completo della lacuna. L'operazione è eseguita con materiali (generalmente calce e sabbia eventualmente addizionate) che presentano caratteristiche chimico-fisiche-meccaniche simili o comunque compatibili con l'intonaco esistente.

La sigillatura potrà essere tenuta in sottolivello di qualche millimetro per consentirne la distinguibilità.

L'Operatore verifica le condizioni atmosferiche e controlla che la temperatura esterna sia compresa tra + 5 e + 35°C.; utilizzerà particolari accorgimenti per superfici esposte al sole, in giornate ventose e asciutte e con temperature elevate.

L'Operatore, durante la fase preliminare, opera come segue:

- 28) Verifica se la fessurazione è dinamica: se si tratta di giunto strutturale (o si comporta come tale), se è dovuta ad assestamento strutturale non ancora completato, se è dovuta a dilatazioni termiche interne al materiale o fra materiali diversi; oppure se è statica, cioè ormai stabilizzata. L'intervento descritto è possibile solo se si tratta di fessurazioni ormai stabilizzate.
- 29) Esamina lo stato della superficie da stuccare, verifica la presenza di eventuali deterioramenti superficiali, verifica lo stato di pulitura del materiale e la presenza di elementi contaminanti (olio, polveri, sali solubili, materiali disciolti, strati superficiali incompatibili, particellato atmosferico, biodeteriogeni, ecc.); verifica la presenza di precedenti sigillature incompatibili o non più efficienti.
- 30) Procede, se del caso, alla preparazione del supporto con: interventi di pulitura e consolidamento (vd. precedenti punti), rimozione di precedenti sigillature degradate o eseguite con materiali incongrui.

L'Operatore procede poi alla preparazione prodotti adesivi da iniezione:

- 31) Predisporre il piano di miscelazione, o il contenitore nel quale si deve realizzare l'impasto, in modo che sia pulito e non contenga residui della miscelazione precedente.

- 32) Esegue il dosaggio in volume mediante appositi dosatori e predispone una quantità di materiale sufficiente a completare l'opera o parti d'opera omogenee.

Maltine adesive a base di Primal AC33 e carbonato di calcio:

- si aggiunge al lattice non diluito una quantità adeguata di carbonato di calcio sino a rendere la maltina estrudibile (l'impasto può essere costituito anche con calce idraulica naturale, carbonato di calcio e Primal AC33 o prodotto dalle analoghe caratteristiche).

Prodotti adesivi costituiti da resine epossidiche a diverso grado di tixotropia in relazione alla dimensione della fessurazione da sigillare:

- si miscelano con cura i componenti nelle proporzioni predefinite e secondo le indicazioni fornite dal produttore;

- il prodotto epossidico miscelato deve essere utilizzato entro il tempo di vita utile, in genere piuttosto breve (osservare le apposite istruzioni sulla scheda tecnica dal produttore).

- 33) Esegue il dosaggio in volume mediante appositi dosatori e predispone una quantità di materiale sufficiente a completare l'opera o parti d'opera omogenee.
- 34) Aggiunge il legante (calce idraulica naturale, grassello) agli aggregati (sabbie, pietra macinata dello stesso litotipo di quella su cui si deve eseguire la sigillatura), i pigmenti in precedenza predisposti (che devono essere asciutti e non contenere elementi indesiderati) e additivi (Primal AC33 o prodotto dalle analoghe caratteristiche con rapporto di diluizione pari al 2-3%), il tutto nelle quantità previste dal progetto e mescola fino ad ottenere un insieme di colore uniforme.
- 35) Controlla la giusta cromia dell'impasto su campione asciutto in confronto con la superficie intonacata su cui deve essere eseguita la sigillatura (o su eventuale controcampione di progetto).
- 36) Controlla che l'acqua di impasto sia limpida, scevra da materie organiche e terrose e non aggressiva.
- 37) Controlla che gli aggregati siano asciutti, non contenenti sostanze organiche, solfati e limo; la curva granulometrica dovrà essere proporzionale alle caratteristiche dell'impasto ed al risultato figurativo previsto dal progetto.
- 38) Controlla che tutti i materiali in cantiere siano conservati all'asciutto ed in luogo riparato.
- 39) Controlla che durante l'impasto non siano mai utilizzati materiali già in fase di indurimento o compromessi dal gelo.
- 40) Predisporre le opportune protezioni, in particolare sui lembi della fessurazione, ad evitare possibilità di imbrattamento.
- 41) Predisporre le opportune protezioni delle aree limitrofe che potrebbero essere danneggiate da colature dei prodotti adesivi (in particolare di quelli epossidici).

L'Operatore procede infine alle operazioni di sigillatura vera e propria nelle seguenti fasi:

- 42) Esegue la sigillatura utilizzando adeguati cazzuolini e stili avendo cura di inumidire i lembi della fessurazione; spingere il materiale di sigillatura il più all'interno possibile nella fessurazione; tenere la sigillatura in sottolivello di 1 - 2 mm e più in relazione alla dimensione della fessurazione e comunque secondo le indicazioni di progetto; adeguare continuamente la cromia dell'impasto in relazione alla cromia della porzione intonacata in fase di sigillatura; provvedere alla sigillatura delle fessure anche più minute al fine di impedire ogni infiltrazione di acqua meteorica; pulire accuratamente con spugna umida i lembi della fessurazione, dopo sigillatura, tamponando ripetutamente con spugna inumidita con acqua.
- 43) Provvede ad eseguire la sigillatura in profondità utilizzando siringhe di adeguata dimensione o altri iniettori anche montati in serie per fessurazioni lunghe e ampie;
- 44) Utilizzerà materiali di adeguata tixotropia o fluidità in relazione alla dimensione della fessurazione da sigillare e secondo le specifiche di progetto.
- 45) Si assicura che non vi siano possibilità di fuga del materiale iniettato (in particolare se si tratta di prodotti epossidici) e controllano la eventuale fuoriuscita del materiale dal punto di iniezione con adeguati tamponi spugnosi che verranno eliminati a presa avvenuta.
- 46) Si assicura che la fessurazione venga il più possibile completamente intasata controllando lo scorrimento del prodotto adesivo attraverso diversi punti di iniezione. In caso di fessurazioni ad andamento verticale o suborizzontale inizierà l'iniezione dal basso verso l'alto.
- 47) Provvederà, in caso di fuoriuscite di prodotto adesivo, all'immediata pulitura con spugna umida se trattasi di maltine a base di Primal e carbonato di calcio o similari, con abbondante acqua e sapone se trattasi di resine epossidiche e comunque secondo le indicazioni del produttore.

4.2. Realizzazione di intonaco rustico

Esecuzione di intonaco rustico per interni o esterni tirato in piano su pareti verticali con malta a base di calce idraulica naturale o malta di calce idraulica a base di premiscelati. Realizzazione di strato di aderenza (rinzauffo) con applicazione a cazzuola su supporto preventivamente e accuratamente bagnato, di un primo strato di malta, di consistenza fluida, sabbie esenti da elementi fini e sostanze indesiderabili, tendenzialmente grossolane.

Realizzazione di strato di corpo (arriccio) su supporto preventivamente indurito e bagnato, di malta di calce idraulica naturale o calce idraulica a base di premiscelati previa predisposizione di un numero sufficiente di fasce guida verticali. La applicazione verrà eseguita a mano con cazzuola e successiva regolarizzazione dello strato di malta mediante staggiatura per assicurare la planarità della superficie. Gli operatori verificano le condizioni atmosferiche e controllano che la temperatura esterna sia compresa tra + 5 e + 35°C; utilizzeranno particolari accorgimenti per superfici esposte al sole, in giornate ventose e asciutte e con temperature elevate.

L'Operatore, durante la fase preliminare, procede come segue:

- 48) Esamina lo stato delle superfici da intonacare.
- 49) Verifica la presenza di eventuali deterioramenti.
- 50) Verifica la presenza di elementi contaminanti (olio, sali solubili, materiali disciolti, strati superficiali incompatibili), ne stima il grado di ruvidezza, la capacità di assorbimento, la consistenza.
- 51) Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi dell'intonaco in esecuzione.
- 52) Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado dell'intonaco.
- 53) Controlla la carenza o mancanza di elementi e componenti di protezione la cui assenza potrebbe essere causa di rapido degrado dell'intonaco.
- 54) Controlla la presenza di fessurazioni, giunti strutturali e sollecitazioni indotte nel supporto dal sistema strutturale e la stabilità dimensionale del supporto in relazione alle azioni termiche e igrometriche.
- 55) Verifica la compatibilità chimico-meccanica (assorbimento e ruvidezza) del supporto con le malte previste in progetto; se la verifica dà esito positivo l'operatore dà inizio ai lavori di intonacatura, se l'esito è negativo si dovrà provvedere alla preparazione del supporto per renderlo idoneo alla intonacatura.

L'operatore procede, se del caso, alla preparazione del supporto come segue:

- 56) Se la muratura è disaggregata provvederà alla sua riaggregazione e consolidamento.
- 57) Se il supporto è poco poroso si provvede alla aggiunta di additivo polimerico (Primal AC33 o prodotti dalle analoghe caratteristiche in diluizione), utilizzando tale miscela nell'impasto in sostituzione dell'acqua.
- 58) Se il supporto risulta esageratamente levigato provvederà alla realizzazione di striature e bocciardature oppure alla predisposizione di armature di sostegno dell'intonaco (griglie metalliche, in PVC, incannicciature).
- 59) Se il supporto presenta residui di precedenti lavori di demolizione o polveri dovrà essere pulito con un metodo adeguato al tipo ed alle condizioni dello stesso.
- 60) Se il supporto presenta contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi, per quanto possibile, con asportazione a secco e successivamente con lavaggi o impacchi con acqua deionizzata e dovranno essere successivamente applicati appositi prodotti in grado di contenere o controllare successive cristallizzazioni di sali.
- 61) Se la muratura è affetta da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda UMIDITA').
- 62) Se la muratura presenta macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto e si lasceranno asciugare convenientemente le murature prima di procedere alla intonacatura.
- 63) Se la muratura richiedesse integrazione di conci mancanti o integrazioni in corrispondenza dei giunti di malta tra i conci, essa dovrà essere opportunamente integrata prima di eseguire l'intonaco.
- 64) L'operatore introduce nella impastatrice prima l'aggregato e quindi gradualmente introduce il legante in polvere; successivamente introduce l'acqua necessaria. La miscelazione deve proseguire finché il materiale non acquisti un aspetto uniforme. Il giusto grado di pastosità si ottiene quando la malta preparata scivola sulla cazzuola senza lasciare traccia di calce sulla lama. Se il progetto stabilisce che nell'impasto devono essere aggiunti additivi, questi, se liquidi, dovranno essere miscelati, nella dose stabilita, all'acqua di impasto e congiuntamente ad essa immessi nell'impastatrice; se in polvere, essi dovranno essere immessi nell'impastatrice, nella quantità stabilita dal progetto, dopo la sabbia e prima del legante.
- 65) L'acqua di impasto deve essere limpida, scevra da materie organiche e terrose e non dovrà essere aggressiva.
- 66) Gli aggregati devono essere asciutti, non devono contenere sostanze organiche, solfati e limo; la curva granulometrica dovrà essere proporzionale alle caratteristiche dell'impasto.
- 67) Tutti i materiali in cantiere devono essere conservati all'asciutto ed in luogo riparato.
- 68) Durante l'impasto non dovranno mai essere utilizzati materiali già in fase di indurimento o compromessi dal gelo.

L'operatore procede poi all'esecuzione dell'intonaco come segue:

- 69) Bagna abbondantemente il supporto evitando però di infradiciarlo.
- 70) Applica il primo strato (rinzafo) consistente in una malta morbida, con aggregati di grana grossa (in genere compresa tra 1,5 e 5 mm), che viene lanciata con forza sul supporto, che penetri negli interstizi del muro e nelle porosità di conci in pietra e/o mattoni.
- 71) Lascia far presa al rinzafo senza intervenire con staggiature o altre manomissioni.
- 72) Utilizza una malta composta da aggregati medi (in genere compresi tra 0,5 e 1,5 mm), meno grossolani di quelli usati per il rinzafo, ponendo cazzuolate di malta soda, le une accanto alle altre senza sovrapposizioni fino alla copertura totale del campo da intonacare. Il raggiungimento dello spessore richiesto si ottiene con strati successivi, posti gli uni sugli altri, quando il precedente è ben fermo e darà segno di avere fatto presa. Ogni singolo strato non sarà mai superiore allo spessore di cm 1,5-2 per volta. Quando lo strato sottostante risultasse eccessivamente asciugato, l'Operatore provvede ad inumidirlo adeguatamente.
- 73) Provvede alla frattazzatura onde uniformare la planarità e le superfici dovranno risultare piane ma scabre per permettere alla successiva finitura di ben aderire.
- 74) Per la realizzazione di spigoli l'Operatore fissa sulla parete, tramite piccoli uncini da muro, un listello rettilineo piallato, così da formare lo spigolo con un'altra parete, e comincia ad intonacare in modo che il fianco di questo si trovi allo stesso piano delle guide precedentemente disposte. Quindi intonaca lo spazio compreso tra il listello e la guida. Fatto ciò rimuove il listello prima che l'intonaco si asciughi, ma solo dopo aver fatto passare il tempo necessario per prendere la forma. Poi torna a fissare il listello girandolo sulla parete appena intonacata, in modo che si trovi sullo stesso piano con le guide della seconda parete. Infine procede a intonacare tale parete così che, al momento di levare il listello, si ottiene lo spigolo desiderato.
- 75) Le malte idrauliche devono essere utilizzate dal momento dell'aggiunta dell'acqua entro 2 h in estate e 3 h in inverno.

4.3. Realizzazione di intonaco con finitura civile

Esecuzione, su intonaco rustico di calce idraulica precedentemente e accuratamente bagnato (vd. precedente punto 4.1), di strato di finitura (stabilitura) in malta di calce aerea e sabbie fini selezionate, applicata con spatola metallica e lavorata con frattazzo metallico e frattazzino di spugna.

Gli operatori verificano le condizioni atmosferiche e controllano che la temperatura esterna sia compresa tra + 5 e + 35°C. Utilizzeranno particolari accorgimenti per superfici esposte al sole, in giornate ventose e asciutte e con temperature elevate.

L'Operatore, durante la fase preliminare, procede come segue:

- 76) Esamina lo stato dell'intonaco rustico di fondo.

- 77) Verifica che dall'esecuzione dell'arriccio non siano passati più di 3 mesi.
- 78) Verifica la presenza di eventuali deterioramenti e che non siano state applicate imprimiture o fondi incompatibili dal punto di vista fisico, chimico o meccanico, che potrebbero rendere incerta l'adesione della stabilitura al supporto (p. es.: pitture polimeriche, oli, tinteggiature, intonaci polverosi e disaggregati) con i materiali previsti in progetto
- 79) Verifica planarità e verticalità delle superfici e degli spigoli (se requisiti richiesti) e stima il grado di ruvidezza dell'arriccio, la capacità di assorbimento, la consistenza.
- 80) Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi dell'intonaco in esecuzione.
- 81) Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado dell'intonaco.
- 82) Controlla la carenza o mancanza di elementi e componenti di protezione la cui assenza potrebbe essere causa di rapido degrado dell'intonaco.
- 83) Controlla la presenza o meno di fessurazioni, giunti strutturali e sollecitazioni indotte nel supporto dal sistema strutturale.
- 84) Verifica la compatibilità chimico-meccanica (assorbimento e ruvidezza) del supporto con le malte previste in progetto; se la verifica dà esito positivo l'operatore dà inizio ai lavori di intonacatura, se l'esito è negativo si dovrà provvedere alla preparazione del supporto per renderlo idoneo a ricevere la stabilitura.
- L'operatore procede, se del caso, alla preparazione del supporto come segue:
- 85) Se l'intonaco rustico di fondo (arriccio) è disaggregato provvederà alla sua riaggregazione e consolidamento; se l'arriccio risultasse esageratamente levigato provvederà alla realizzazione di striature e bocciardature.
- 86) Se il supporto fosse poco poroso si provvede alla aggiunta di additivo polimerico (Primal AC33, o prodotti dalle analoghe caratteristiche, in diluizione opportuna) utilizzando tale miscela nell'impasto in sostituzione dell'acqua.
- 87) Se l'arriccio presentasse residui di polveri dovrà essere pulito con un metodo adeguato al tipo ed alle condizioni del supporto.
- 88) Se l'arriccio presentasse contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi. Se le efflorescenze fossero consistenti si dovrà provvedere alla parziale demolizione dell'arriccio fino alla muratura, alla asportazione dei sali a secco e successivamente con lavaggi o impacchi con acqua deionizzata ed alla applicazione di appositi prodotti in grado di contenere o controllare successive cristallizzazioni di sali.
- 89) Se la muratura fosse affetta da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda UMIDITA').
- 90) Se la muratura presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto, si lasceranno asciugare convenientemente le murature e si valuterà l'opportunità di rimuovere l'arriccio nelle zone umide prima di procedere alla stesura della stabilitura.
- 91) L'operatore introduce nell'impastatrice prima l'aggregato (che deve essere asciutto e non contenere elementi indesiderati) e quindi gradualmente introduce il legante; successivamente introduce l'acqua necessaria. Nel caso si tratti di impasti a base di calce idrata le proporzioni legante/aggregato devono essere normalmente 1:3; se il legante è grassello di calce ben stagionato e cremoso, con queste proporzioni non è necessario aggiungere acqua.
- 92) La miscelazione deve proseguire finché il materiale non acquisti un aspetto uniforme.
- 93) Se il progetto stabilisce che nell'impasto devono essere aggiunti additivi, questi, se liquidi, dovranno essere miscelati, nella dose stabilita, all'acqua di impasto e congiuntamente ad essa immessi nell'impastatrice; se in polvere, essi dovranno essere immessi nell'impastatrice, nella quantità stabilita dal progetto, dopo la sabbia e prima del legante.
- 94) L'acqua di impasto deve essere limpida, scevra da materie organiche e terrose e non dovrà essere aggressiva; e gli aggregati devono essere asciutti, non devono contenere sostanze organiche, solfati e limo; la curva granulometrica dovrà essere proporzionale alle caratteristiche dell'impasto.
- L'operatore procede poi all'esecuzione dello strato di finitura come segue:
- a) Bagna abbondantemente il supporto.
- Applica la stabilitura consistente in una malta morbida, con aggregati di grana fine (in genere compresa tra 0,5 e 0,8 mm), che viene posata in strati sottili con frattazzi metallici e quindi lisciata con frattazzini di spugna leggermente imbevuti di acqua allo scopo di ottenere una sufficiente ruvidezza del fondo che migliori l'affinità meccanica per la successiva coloritura.

4.4. Realizzazione di intonaco civile finito con polvere di marmo

Esecuzione su intonaco rustico molto fine o su finitura a stabilitura di calce aerea di due o più strati di sottili rasature con coltella costituita da grassello di calce, polveri di marmo micronizzate, pigmenti costituiti da ossidi di ferro precipitati, terre naturali o pietre colorate macinate, eventuali additivi polimerici in dispersione.

La lisciatura verrà eseguita con spatola metallica.

Gli operatori verificano le condizioni atmosferiche e controllano che la temperatura esterna sia compresa tra + 5 e + 35°C. Utilizzeranno particolari accorgimenti per superfici esposte al sole, in giornate ventose e asciutte e con temperature elevate.

E' consigliata poi la protezione della superficie dalla aggressione degli agenti atmosferici con applicazione di un idoneo idrorepellente trasparente e traspirante.

L'Operatore, durante la fase preliminare, procede come segue:

- Esamina lo stato dell'intonaco di fondo (arriccio fine o stabilitura).
- Verifica la presenza di eventuali deterioramenti.
- Verifica che dall'esecuzione dell'arriccio o della stabilitura non siano passati più di 3 mesi;
- Verifica la presenza di elementi contaminanti (oli, polveri, sali solubili, materiali disciolti, strati superficiali incompatibili).
- Verifica la planarità e la verticalità delle superfici e degli spigoli (se requisiti richiesti).
- Stima il grado di ruvidezza dell'arriccio o della stabilitura, la capacità di assorbimento, la consistenza.
- Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi dell'intonaco in esecuzione.
- Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado dell'intonaco.
- Verifica la presenza fessurazioni, di giunti strutturali e sollecitazioni indotte nel supporto dal sistema strutturale.
- Verifica la compatibilità del supporto con le malte previste in progetto. Se la verifica dà esito positivo l'operatore dà inizio ai lavori di rasatura, se l'esito è negativo si dovrà provvedere alla preparazione del supporto per renderlo idoneo a ricevere la rasatura.

L'operatore procede, se del caso, alla preparazione del supporto come segue:

- se l'intonaco di fondo (arriccio o stabilitura) è disaggregato provvederà alla sua riaggregazione e consolidamento.
- se l'arriccio o la stabilitura fossero di rugosità troppo accentuata o irregolare si provvederà ad eseguire una rasatura intermedia;
- se l'arriccio (o la stabilitura) presentasse residui di polveri dovrà essere opportunamente lavato;
- se il supporto è poco poroso si provvede alla aggiunta di additivo polimerico (Primal AC33 o prodotti dalle analoghe caratteristiche in diluizione) utilizzando tale miscela nell'impasto in aggiunta di acqua;
- se l'arriccio (o la stabilitura) presentasse contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi;

- se le efflorescenze fossero consistenti si dovrà provvedere alla parziale demolizione dell'arriccio fino alla muratura, alla asportazione dei sali a secco e successivamente con lavaggi o impacchi con acqua deionizzata ed alla applicazione di appositi prodotti in grado di contenere o controllare successive cristallizzazioni di sali;
- se la muratura è affetta da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda UMIDITA');
- se la muratura presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture o a fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto, si lasceranno asciugare convenientemente le murature e si valuterà l'opportunità di rimuovere l'intonaco di fondo nelle zone umide prima di procedere alla stesura della rasatura.

L'operatore introduce in contenitori puliti di adeguate dimensioni prima l'aggregato e quindi gradualmente introduce il legante ed i pigmenti; successivamente introduce l'acqua necessaria e predispone una quantità di materiale sufficiente a completare l'opera o parti d'opera omogenee.

- La miscelazione deve proseguire finché il materiale non acquisti un aspetto uniforme.
- L'operatore controlla la giusta cromia dell'impasto su campione asciutto in confronto con il controcampione di progetto.
- Se il progetto stabilisce che nell'impasto devono essere aggiunti additivi, questi, se liquidi, dovranno essere miscelati, nella dose stabilita, all'acqua di impasto e congiuntamente ad essa immessi nell'impastatrice; se in polvere, essi dovranno essere immessi nell'impastatrice, nella quantità stabilita dal progetto, dopo la sabbia e prima del legante (uno dei rari casi in cui il rapporto legante/aggregato può essere 1:2).
- L'acqua di impasto deve essere limpida, scevra da materie organiche e terrose e non dovrà essere aggressiva;
- Gli aggregati devono essere asciutti, non devono contenere sostanze organiche, solfati e limo e saranno di granulometria finissima;
- Se si utilizzano pigmenti minerali l'impasto deve essere preparato in una unica soluzione e comunque, anche se preparato in più riprese, deve poi essere miscelato in un recipiente capace di contenere l'intera produzione.

L'operatore procede poi all'esecuzione dell'intonaco marmorino come segue:

- Bagna abbondantemente il supporto.
- Applica la rasatura consistente in una malta morbida, con aggregati di grana finissima che viene posata in più strati sottilissimi per successive rasature con frattazzi metallici e successivamente levigata e compattata con forza al fine di ottenere superfici perfettamente lisce. La rasatura può essere limitata al riempimento dei vuoti del supporto sottostante (e in questo caso saranno visibili le puntature dell'aggregato di supporto) oppure la rasatura può essere applicata a totale copertura del supporto medesimo.
- Se ritenuto necessario o previsto dal progetto si può stendere a pennello sulle superfici uno o più strati di sapone di Marsiglia (che deve essere precedentemente disciolto in acqua fino ad ottenere un composto denso e untuoso); dopo la applicazione di ogni strato, l'Operatore provvede a ripetute lisciate delle superfici, agendo con forza con frattazzo metallico, in modo da conferire maggiore levigatezza e lucentezza alla superficie stessa.

4.5. Realizzazione di intonaco colorato in pasta

Esecuzione, su intonaco rustico di calce idraulica, precedentemente e accuratamente bagnato, di strato di finitura (stabilitura) in malta di calce aerea e sabbie fini selezionate, pigmentata con terre naturali o pietre colorate macinate, applicato con spatola metallica e lavorata con frattazzo metallico e frattazzino di spugna.

Gli operatori verificano le condizioni atmosferiche e controllano che la temperatura esterna sia compresa tra + 5 e + 35°C. Utilizzeranno particolari accorgimenti per superfici esposte al sole, in giornate ventose e asciutte e con temperature elevate.

L'Operatore, durante la fase preliminare, procede come segue:

- Esamina lo stato dell'intonaco rustico di fondo.
- Verifica che dalla esecuzione dell'arriccio non siano passati più di 3 mesi.
- Verifica la presenza di eventuali deterioramenti.
- Verifica visivamente, oppure per inchiesta verbale, che non siano state applicate imprimiture o fondi incompatibili dal punto di vista fisico, chimico o meccanico, che potrebbero rendere incerta l'adesione della stabilitura al supporto (p. es.: pitture polimeriche, oli, tinteggiature, intonaci polverosi e disaggregati) con i materiali previsti in progetto.
- Verifica planarità e verticalità delle superfici e degli spigoli (se requisiti richiesti).
- Stima il grado di ruvidezza dell'arriccio, la capacità di assorbimento, la consistenza.
- Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi dell'intonaco in esecuzione.
- Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado dell'intonaco.
- Controlla la carenza o mancanza di elementi e componenti di protezione la cui assenza potrebbe essere causa di rapido degrado dell'intonaco.
- Verifica la presenza di fessurazioni, giunti strutturali e sollecitazioni indotte nel supporto dal sistema strutturale.
- Verifica la compatibilità meccanica (ruvidezza, coefficiente di dilatazione termico lineare) e chimico-meccanica (assorbimento e ruvidezza) del supporto con le malte previste in progetto. Se la verifica dà esito positivo l'operatore dà inizio ai lavori di intonacatura. Se l'esito è negativo si dovrà provvedere alla preparazione del supporto per renderlo idoneo a ricevere la stabilitura.

L'operatore procede, se del caso, alla preparazione del supporto come segue:

- se l'intonaco rustico di fondo (arriccio) è disgregato provvederà alla sua riaggregazione e consolidamento;
- se l'arriccio risultasse esageratamente levigato si provvederà alla realizzazione di striature e bocciardature;
- se l'arriccio presentasse residui di polveri dovrà essere pulito con un metodo adeguato al tipo ed alle condizioni del supporto;
- se il supporto è poco poroso si provvede alla aggiunta di additivo polimerico (Primal AC33 o prodotto dalle analoghe caratteristiche in diluizione opportuna) utilizzando tale miscela nell'impasto in aggiunta di acqua e comunque in dispersione acquosa a non più del 3%;
- se l'arriccio presentasse contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi. Se le efflorescenze fossero consistenti si dovrà provvedere alla parziale demolizione dell'arriccio fino alla muratura, alla asportazione dei sali a secco e successivamente con lavaggi o impacchi con acqua deionizzata ed alla applicazione di appositi prodotti in grado di contenere o controllare successive cristallizzazioni di sali;
- se la muratura è affetta da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento;

- se la muratura presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto, si lasceranno asciugare convenientemente le murature e si valuterà l'opportunità di rimuovere l'arriccio nelle zone umide prima di procedere alla stesura dell'intonaco colorato.

Dopo aver preparato gli impasti come i punti precedenti, l'Operatore procede nell'esecuzione dell'intonaco colorato:

- Bagna abbondantemente il supporto.
- Applica la stabilitura pigmentata consistente in una malta morbida, con aggregati di grana fine (in genere compresa tra 0,1 e 0,8 mm), o già pronta come premiscelata, che viene posata in strati sottili con frattazzi metallici e quindi lisciata con frattazzini di spugna leggermente imbevuti di acqua allo scopo di ottenere una uniforme ruvidezza del fondo.
- Controlla, per quanto possibile, la regolarità degli spessori di applicazione al fine di evitare contrasti cromatici e difformità di coloritura (marezzature) troppo accentuati.

4.6. Realizzazione di intonaco a stucco

Sull'intonaco grezzo o rustico, preparato come da punto 4.1, sarà sovrapposto uno strato alto almeno mm. 4 di malta per stucchi della composizione prescritta, che verrà spianata con piccolo regolo e governata con la cazzuola così da avere pareti perfettamente piane nelle quali non sarà tollerata la minima imperfezione. Ove lo stucco debba colorarsi, nella malta verranno stemperati i colori prescelti dalla D.L.

In caso di intonaco a stucco lucido, esso verrà preparato con lo stesso procedimento dello stucco semplice, ma l'abbozzo deve essere con più diligenza apparecchiato, di uniforme grossezza e 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, al 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.

4.7. Realizzazione di tinteggiatura a calce

La stesura di cicli di protezione con acqua o latte di calce è da consigliarsi come operazione manutentiva.

Applicazione di finitura con stesura di tinta a "velatura" costituita da prodotto a base di grassello di calce, eventualmente additivato con resine acriliche in dispersione acquosa, oppure con prodotto a base di silicato di potassio. La pigmentazione è ottenuta con cariche non coprenti e coloranti inorganici.

La stesura della tinteggiatura è eseguita con pennello di setola morbida e lavorata alla francese così da ottenere un effetto decorativo assimilabile a quello delle tradizionali tinteggiature alla calce.

Ogni strato sarà applicato dopo l'essiccazione dello strato precedente e le superfici trattate saranno protette dalla pioggia e dall'umidità fino alla loro completa essiccazione.

La applicazione avverrà su superfici asciutte, preparate a parte, con temperatura ambiente e della superficie compresa tra +5 e +35 °C e con U.R. non superiore al 70%, in assenza di vento, fumi o vapori inquinanti.

L'Operatore, durante la fase preliminare, procede come segue:

- Esamina lo stato del supporto e la presenza di suoi eventuali deterioramenti.
- Verifica la presenza di elementi contaminanti (olio, polveri, sali solubili, materiali disciolti, strati superficiali incompatibili).
- Verifica planarità e verticalità delle superfici (se requisito richiesto), così come la capacità di assorbimento e la consistenza del supporto e il suo eventuale stato di compromissione (presenza di precedenti pitturazioni polimeriche).
- Verifica che la rugosità del supporto sia compatibile, per uniformità e tessitura superficiale con le esigenze di progetto.
- Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi della pitturazione in esecuzione.
- Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado della pitturazione in esecuzione.
- Controlla la carenza o mancanza di elementi e componenti di protezione la cui assenza potrebbe essere causa di rapido degrado della pitturazione in esecuzione.
- Verifica lo stato di consistenza del supporto dopo l'eventuale consolidamento e/o stesura della sottotinta. Se la verifica dà esito positivo l'operatore può dare inizio ai lavori di coloritura. Se l'esito è negativo si dovrà provvedere alla preparazione del supporto per renderlo idoneo alla coloritura come segue:
 - se il supporto fosse costituito da l'intonaco disaggregato o distaccato provvederà alla sua riaggregazione e consolidamento in profondità o rappezzature previa eliminazione delle parti distaccate;
 - se necessaria o non ancora eseguita si procederà alla stesura della sottotinta;
 - se il supporto si presentasse troppo rugoso o con difformità si provvederà alla applicazione di strato di regolarizzazione;
 - se la superficie presentasse residui di polveri dovrà essere lavata con acqua e spazzole;
 - se il supporto presentasse contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi. Se le efflorescenze presenti nel supporto fossero consistenti si dovrà provvedere alla parziale demolizione del supporto stesso ed alla applicazione di appositi prodotti in grado di contenere o controllare successive cristallizzazioni di sali.
 - Se la muratura fosse affetta da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda UMIDITA');
 - se la muratura presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto, si lasceranno asciugare convenientemente le murature e si valuterà l'opportunità di rimuovere l'intonaco (se presente) nelle zone umide prima di procedere alla applicazione del rivestimento.
 - Se il supporto presentasse crepe o fessurazioni si provvederà a verificare se si tratta di fessurazioni di tipo strutturale o dovute a ritiri.
- L'operatore (se ritenuto necessario) esegue campionature per verificare se il prodotto da utilizzare possiede le adeguate caratteristiche di adesione al supporto.
- Su fondi già compromessi con precedenti pitturazioni a base polimerica si eviterà di utilizzare prodotti ai silicati ma verranno impiegati unicamente prodotti alla calce adeguatamente additivati (diluizione media compresa tra 1 a 4 e 1 a 10 in acqua).

L'Operatore procede successivamente all'applicazione vera e propria della coloritura a velatura:

- Apre i contenitori verificando che in precedenza fossero sigillati.
- Rimescola con cura il prodotto contenuto nelle confezioni, lo diluisce con acqua pulita (o silicato di potassio) secondo le indicazioni del produttore e in base alle esigenze della coloritura stessa in ordine alla saturazione di tinta; provvede ad eseguire, per il prodotto alla calce, eventuali additivazioni di polimero secondo le istruzioni ricevute dalla D.L. ed in relazione alle campionature eseguite (diluizione media compresa tra 1 a 4 e 1 a 10 in acqua); controlla su campione asciutto in confronto con il controcampione di progetto la giusta cromia, la corretta saturazione della tinta, la regolarità della stesura.
- Provvede alla applicazione della coloritura. La applicazione è eseguita con pennelli di setola morbida o spugne. La stesura del materiale deve: essere uniforme; rispettare le indicazioni di progetto per quanto riguarda i consumi per unità di superficie; avvenire per pennellate incrociate "alla francese"; essere eseguita da un numero adeguato di operatori in relazione alla dimensione delle campiture.
- Applica una seconda mano (ad un intervallo comunque non superiore alle 24 ore), se previsto dal progetto.
- Provvede a proteggere le superfici trattate da pioggia e umidità fino alla loro completa essiccazione.
- Provvede all'esecuzione di eventuali piccoli ritocchi in corrispondenza delle zone limitrofe all'intervento.

4.8. Realizzazione di integrazioni pittoriche

Integrazione delle parti di intonaco mancanti (lacune) e/o degli eventuali strati corticali (secondo le indicazioni di progetto) su intonaco esistente già preparato e consolidato. La malta da utilizzare per ogni singola lacuna, o per lacune di aree omogenee, dovrà avere caratteristiche tecniche simili a quelle degli intonaci esistenti. Particolare cura dovrà essere posta nella individuazione della composizione e colorazione specifica della malta la cui cromia e granulometria dovrà uniformarsi, una volta applicata ed essiccata, alle diverse sfumature cromatiche e caratteristiche tessiturali degli intonaci circostanti. Le parti integrate, se non diversamente specificato in progetto, verranno tenute su un piano differente (in genere sottolivello) rispetto alle superfici degli intonaci adiacenti per consentirne la distinguibilità. La applicazione della malta verrà eseguita per stratificazioni successive e con aggregati a granulometrie decrescenti dagli strati più profondi a quelli più superficiali, analogamente a quanto avviene per la realizzazione delle normali intonacature, con spatole metalliche di diversa dimensione; le rifiniture sui lembi, che dovranno essere particolarmente curate, verranno eseguite con spatolini da stuccatore.

Dopo un periodo di tempo sufficiente a consentire il primo indurimento della malta applicata, si provvederà (se previsto dal progetto) alla lavatura o alla tamponatura della superficie con spugne e acqua deionizzata al fine di porre in risalto l'aggregato, la sua dimensione e la sua specifica colorazione.

L'Operatore verifica le condizioni atmosferiche e controlla che la temperatura esterna sia compresa tra + 5 e + 35°C. Utilizzerà particolari accorgimenti per superfici esposte al sole, in giornate ventose e asciutte e con temperature elevate.

E' consigliata l'applicazione periodica di un adeguato protettivo trasparente e traspirante al fine di tutelare la superficie dalla aggressione degli agenti atmosferici (vd. successivo punto 5.1).

L'Operatore, durante la fase preliminare, procede come segue:

- 95) Esamina lo stato del supporto, verificando la presenza di eventuali deterioramenti e di elementi contaminanti (oli, polveri, sali solubili, materiali disciolti).
- 96) Verifica visivamente (oppure per inchiesta verbale, documentazione storica e anamnesi dell'edificio) che non siano state applicate imprimiture o fondi incompatibili dal punto di vista fisico, chimico o meccanico, che potrebbero rendere incerta l'adesione della stabilitura al supporto (es.: pitture polimeriche, integgiature, intonaci polverosi e disaggregati) con i materiali previsti in progetto.
- 97) Verifica planarità e verticalità delle superfici (se requisito richiesto) e degli spigoli (se requisito richiesto).
- 98) Stima il grado di ruvidezza del supporto, la capacità di assorbimento, la consistenza.
- 99) Controlla la presenza di anomalie o difetti che potrebbero provocare inattesi degradi dell'intonaco di completamento della lacuna in esecuzione.
- 100) Controlla la presenza di elementi strutturali, oggetti o componenti che per forma o posizione potrebbero provocare rapido degrado dell'intonaco.
- 101) Verifica la compatibilità meccanica (ruvidezza, coefficiente di dilatazione) e chimico-meccanica (assorbimento e ruvidezza) del supporto con le malte previste in progetto. Se la verifica dà esito positivo l'operatore dà inizio ai lavori di intonacatura; se l'esito è negativo si dovrà provvedere alla preparazione del supporto per renderlo idoneo a ricevere lo strato finale.

L'operatore procede, se del caso, alla preparazione del supporto come segue:

- 102) Se il supporto costituito da intonaco è disgregato o distaccato provvederà alla sua riaggregazione e consolidamento in profondità (vd. punto 2.2);
- 103) Se il supporto presentasse residui di polveri dovrà essere lavato o comunque pulito con un metodo adeguato al tipo ed alle condizioni dello stesso (vd. punti 1.1 e ss.).
- 104) Se il supporto fosse poco poroso si provvede alla aggiunta nella malta di additivo polimerico (Primal AC33, o prodotto dalle analoghe caratteristiche, in diluizione) utilizzando tale miscela nell'impasto in sostituzione dell'acqua.
- 105) Se il supporto presentasse contaminazioni di sali questi dovranno essere rimossi (vd. punto 2.5); se le efflorescenze fossero consistenti si dovrà provvedere alla parziale demolizione del supporto fino alla muratura ed alla applicazione di appositi prodotti in grado di contenere o controllare successive cristallizzazioni di sali.
- 106) Se la muratura si presentasse sconnessa si dovrà provvedere ad adeguate rincoccature e fissaggio dei conci.
- 107) Se la muratura fosse affetta da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento (vd. scheda UMIDITA');
- 108) Se la muratura presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto, si lasceranno asciugare convenientemente le murature e si valuterà l'opportunità di rimuovere l'intonaco nelle zone umide prima di procedere alla stesura dello strato finale.
- 109) Se gli adiacenti intonaci fossero in precario stato di conservazione con pericolo di distacchi o cadute si provvederà alla immediata velinatura delle superfici con carta giapponese, alla eventuale esecuzione di stuccature salvabordi e, successivamente, alla riadesione ed al consolidamento delle parti in pericolo di caduta (vd. punti precedenti).
- 110) L'operatore predispone il piano di miscelazione, o il contenitore nel quale si deve realizzare l'impasto, in modo che sia pulito e non contenga residui della miscelazione precedente. La miscelazione deve proseguire finché il materiale non acquisti un aspetto uniforme. Il giusto grado di pastosità si ottiene quando la malta preparata scivola sulla cazzuola senza lasciare traccia di calce sulla lama.
- 111) Si introduce nell'impastatrice prima l'aggregato e quindi gradualmente il legante ed i pigmenti. Successivamente si introduce l'acqua necessaria e si predispone una quantità di materiale sufficiente a completare l'opera o parti d'opera omogenee.
- 112) Si controlla la giusta cromia dell'impasto e la dimensione e cromia degli aggregati su campione asciutto in confronto con il controcampione di progetto. Se il progetto stabilisce che nell'impasto devono essere aggiunti additivi, questi, se liquidi, dovranno

essere miscelati, nella dose stabilita, all'acqua di impasto e congiuntamente ad essa immessi nell'impastatrice; se in polvere, essi dovranno essere immessi nell'impastatrice, nella quantità stabilita dal progetto, dopo la sabbia e prima del legante.

- 113) L'acqua di impasto deve essere limpida, scevra da materie organiche e terrose e non dovrà essere aggressiva.
 - 114) Gli aggregati devono essere asciutti, non devono contenere sostanze organiche, solfati e limo; la curva granulometrica dovrà essere proporzionale alle caratteristiche dell'impasto ed al risultato figurativo previsto dal progetto.
 - 115) Durante l'impasto non dovranno mai essere utilizzati materiali già in fase di indurimento o compromessi dal gelo.
 - 116) Si dovranno predisporre le opportune protezioni ai lati della lacuna da trattare in modo da non imbrattare gli intonaci circostanti.
- L'Operatore procederà poi all'applicazione dei vari strati del nuovo intonaco di rappezzo:
- 117) Deve bagnare abbondantemente l'area della lacuna evitando l'infradiciamento degli intonaci circostanti.
 - 118) Applica il primo strato (rinzafo) consistente in una malta morbida, con aggregati di grana grossa (in genere compresa tra 1,5 e 5 mm) e comunque in relazione allo spessore dell'intonaco circostante, che viene lanciata con forza sul supporto, che penetri negli interstizi del muro e nelle porosità di conci in pietra e/o mattoni; gli operatori lasciano far presa al rinzafo senza intervenire con liscature o altre manomissioni.
 - 119) Provvede a porre in atto accorgimenti che permettano il controllo dello spessore e della planarità dell'intonaco.
 - 120) Applica la malta sull'area della lacuna utilizzando una malta composta da aggregati medi (in genere compresi tra 0,5 e 1,5 mm), meno grossolani di quelli usati per il rinzafo (e comunque in relazione allo spessore dell'intonaco circostante), ponendo cazzuolate di malta soda, le une accanto alle altre senza sovrapposizioni fino alla copertura totale dell'area di lacuna da intonacare. Il raggiungimento dello spessore richiesto si ottiene con strati successivi, posti gli uni sugli altri, quando il precedente è ben fermo e darà segno di avere fatto presa. Ogni singolo strato non sarà mai superiore allo spessore di cm 1,5-2 per volta. Quando lo strato sottostante risultasse eccessivamente asciugato, l'Operatore provvede ad inumidirlo adeguatamente.
 - 121) L'ultimo strato viene pareggiato superficialmente con cazzuola e leggermente frattazzato. Se non diversamente specificato dal progetto, si avrà l'attenzione di tenere l'intonaco della lacuna in leggero sottolivello rispetto agli intonaci esistenti. Sarà quindi posta la massima attenzione nelle lavorazioni in corrispondenza dei lembi di accosto con gli intonaci esistenti, che saranno particolarmente curati utilizzando spatolini metallici da stuccatore o altri attrezzi idonei.
 - 122) Provvede alla frattazzatura generale dell'intonaco di lacuna onde uniformare le superfici che dovranno risultare scabre per permettere alla successiva finitura di ben aderire.
 - 123) Bagna abbondantemente il supporto e applica poi la stabilitura (con relativi pigmenti, se previsti dal progetto) consistente in una malta che viene posata in strati sottili con frattazzi metallici o altri attrezzi ritenuti idonei e quindi lisciata con frattazzini di spugna leggermente imbevuti di acqua allo scopo di ottenere una uniforme ruvidezza/liscatura del fondo. Se non diversamente specificato dal progetto, si avrà l'attenzione di tenere l'intonaco di finitura della lacuna in leggero sottolivello rispetto agli intonaci esistenti; sarà quindi posta la massima attenzione nelle lavorazioni in corrispondenza dei lembi di accosto con gli intonaci esistenti, che saranno particolarmente curati utilizzando spatolini metallici da stuccatore o altri attrezzi idonei.
 - 124) Se previsto in progetto si potrà completare l'opera con una finitura a calce e polvere di marmo.
 - 125) Se previsto in progetto si potrà procedere alla integrazione pittorica della lacuna.
 - 126) Controlla che l'intonaco di finitura abbia iniziato l'asciugatura e sia avvenuto il primo indurimento dello strato applicato.
 - 127) Proceda alla lavatura e/o tamponatura dell'intonaco con spugne e acqua al fine di porre in risalto l'aggregato, la dimensione e la sua specifica colorazione.
 - 128) Provvede eventualmente ad inserire manualmente granuli di aggregato di particolare grossezza e specifica colorazione, se previsti dal progetto, curando che siano ben legati all'intonaco.
 - 129) Provvede ad estrarre granuli di aggregato con una punta metallica o altro mezzo idoneo se il progetto prevede la presenza di cavità più o meno grandi.

4.9. Realizzazione di dipinti murali di rilevante valore artistico

Può capitare di dover intervenire su dipinti esistenti di rilevante valore artistico, effettuando delle integrazioni pittoriche delle lacune che devono avvenire con interventi differenziati, in relazione alle diverse condizioni di conservazione delle superfici. Le parti integrate dovranno comunque essere distinguibili dall'originale e realizzate con prodotti reversibili (colori ad acquerello). La diversità delle soluzioni possibili è determinata dalla varietà dei tipi di lacuna. In genere verranno utilizzati i seguenti criteri di reintegrazione:

- nelle lacune interpretabili si procederà con il metodo della selezione cromatica che consiste nel collegamento cromatico e formale del tratto dipinto interrotto, con colori puri selezionati scomponendo il colore che si vuole reintegrare;
- nelle zone caratterizzate da cadute di colore o abrasioni dello strato pittorico si procederà con velature di colore con abbassamento di tono cromatico;
- nelle zone mancanti, dove non è possibile ricostruire lo schema formale del dipinto o attuare il completamento figurativo se non arbitrariamente, operando di fantasia, si procederà con il metodo della astrazione cromatica. In questo caso si attuerà solo un collegamento cromatico utilizzando alcuni dei colori presenti nell'opera in modo tale da costituire un neutro che si colleghi in modo armonico e pluricromatico ai diversi campi di colore.

L'Operatore, prima dell'inizio dell'intervento, procede ad un'accurata ispezione del supporto:

- Valuta la presenza di: patine intenzionali, integrazioni a secco o meno dello strato pittorico, ridipinture, interventi recenti di restauro, ecc...
- Verifica visivamente che sulla superficie dipinta non siano presenti strati impermeabili all'acqua (cere, vernici polimeriche, ecc...). Empiricamente la verifica può essere fatta bagnando la superficie con una spugna ed osservando l'intensità dello scurimento della superficie stessa. Se il tipo di approccio empirico fosse insufficiente o fosse ritenuto inaffidabile ai fini delle decisioni riguardo all'intervento, si dovrà procedere alla fase analitica di laboratorio.
- Esamina lo stato di conservazione delle superfici da sottoporre ad integrazione pittorica.
- Verifica se precedenti interventi di pulitura e di consolidamento hanno dato esito positivo.
- Verifica, in relazione alla tecnica di esecuzione della superficie ed in relazione allo specifico degrado (polverizzazione superficiale, distacco di scaglie, bollature o distacco dell'intonaco di supporto) le necessarie opere di bonifica preventive. Se il supporto presentasse consistenti cristallizzazioni di sali questi dovranno essere previamente rimossi con semplice e delicata spolveratura con pennello morbido e, successivamente, si interverrà con estrazione dei sali solubili. Se il supporto fosse affetto da umidità di risalita per capillarità o da infiltrazioni da terreno addossato si dovrà provvedere con adeguati interventi di risanamento. Se il supporto presentasse macchie di umidità dovute ad infiltrazioni dalle coperture, da condensazioni superficiali o da fenomeni umidi provocati da guasti agli impianti di adduzione o scarico acque si provvederà a riparare il guasto e si lasceranno asciugare convenientemente le superfici prima di procedere alle opere di integrazione pittorica.
- Successivamente, l'Operatore, in collaborazione con il progettista, definisce le aree sulle quali programmare le necessarie campionature di integrazione seguendo i seguenti criteri: identifica e perimetra aree da reintegrare che abbiano caratteri paradigmatici delle diverse situazioni riscontrabili sull'intera superficie oggetto dell'intervento; le aree di campionatura avranno dimensione adeguata a consentire verifiche attendibili in relazione alle diversificate caratteristiche degli interventi di integrazione (selezione cromatica, astrazione cromatica, sottotono).

- L'Operatore procede alla reintegrazione pittorica di lacune, abrasioni, ecc..., sulla base delle campionature eseguite, curando che ogni intervento reintegrativo sia reversibile e riconoscibile dall'originale.

Metodo della selezione cromatica:

In genere si utilizza questo metodo quando la lacuna è di limitate dimensioni e sono presenti superstiti elementi formali sufficienti per consentire il completamento del disegno pittorico senza ricorrere ad azioni interpretative e di fantasia; in ogni caso la reintegrazione, che deve essere reversibile e distinguibile dall'originale, sarà sempre preceduta dalla stuccatura della lacuna con materiali compatibili dal punto di vista chimico-fisico-meccanico con la superficie esistente;

Tale metodo consiste in una serie di stesure di colori diversi sovrapposti che devono essere scelti tra i principali colori primari componenti la cromia che si vuole ricostruire; si procederà sempre dal tono più caldo a quello più freddo. Le stesure sono realizzate con la tecnica del "rigatino", cioè con tratteggiature fini o finissime, realizzate in punta di pennello, facendo in modo che i colori, pur sovrapposti, in parte si combinino, in parte rimangano leggermente sfalsati fra di loro per un semplice atto meccanico di esecuzione ma non vengano mai mischiati;

il risultato atteso è che ad una visione da distanza ravvicinata siano tutti riconoscibili e distinguibili rispetto al dipinto originale, mentre da lontano, devono consentire una lettura sostanzialmente unitaria della superficie stessa. Per la reintegrazione pittorica verranno utilizzati colori ad acquerello; in alternativa, e se concordato con il progettista, si esegue il "rigatino" con tratteggio parallelo e sfalsato, con lunghezza del tratto in genere compresa tra 0.5 e 1.5cm, e con cromatismi simili al colore predominante dell'intorno, dati in due passate a differente intensità di tinta in modo da far vibrare il colore.

Metodo della astrazione cromatica:

In genere si utilizza questo metodo quando non è possibile il collegamento formale della lacuna con la superficie circostante se non operando arbitrariamente di fantasia. La reintegrazione è eseguita con i colori fondamentali dell'intera superficie (non si scompone il singolo colore originario della lacuna, ma si scelgono i colori predominanti dell'intera composizione).

La stesura delle tinte è realizzata con colori ad acquerello.

È spesso utile ed opportuno provvedere anche al collegamento armonico tra le differenti cromie delle aree di contorno della lacuna con integrazioni a tratteggio di tinte che sfumano verso le parti centrali della lacuna stessa e si confondono con la sua specifica tinta di fondo.

Trattamento in sottotono

Nelle zone caratterizzate da caduta di colore o abrasioni dello strato pittorico si procederà con integrazioni a leggere velature di colore con acquerelli, con abbassamento di tono cromatico (sottotono) rispetto alle tinte originali della superficie oggetto dell'intervento.

La tecnica esecutiva può prevedere sia la stesura di una campitura in tinta velata sia un tratteggio a rigatino, nella stessa tinta, con colori non scomposti.



Realizzazione di dorature

5. PROTEZIONE



5.1. Protezione finale tramite applicazione di prodotto idrorepellente

L'operazione consiste nella stesura di un protettivo di materiale in soluzione che funzioni, per un determinato periodo di tempo, da schermo fra l'intonaco e l'ambiente esterno riducendo la penetrazione dell'acqua e di eventuali agenti inquinanti, ma allo stesso tempo consentendo la permeabilità al vapore, ossia l'evaporazione dall'interno del sistema muratura-intonaco, ostacolando infine l'adesione di materiale particellato.

La protezione degli intonaci è anche da considerare una pratica di manutenzione.

Applicazione di due mani di protettivo con particolari caratteristiche di traspirabilità, adesione al supporto per reazione chimica, elevata resistenza alle aggressioni atmosferiche.

Ogni strato sarà applicato dopo l'essiccazione dello strato precedente e le superfici trattate saranno protette dalla pioggia e dall'umidità fino alla loro completa essiccazione.

La applicazione avverrà su superfici asciutte, preparate a parte, con temperatura ambiente e della superficie compresa tra +5 e +35 °C e con U.R. non superiore al 70%, in assenza di vento, fumi o vapori inquinanti.

L'Operatore, dopo aver valutato lo stato del supporto così come stabilito nel precedente punto 4.6, procede nella stesura della mano di fondo come segue:

- Apre i contenitori verificando che in precedenza fossero sigillati.
- Rimescola con cura il prodotto contenuto nelle confezioni, diluisce il prodotto secondo le indicazioni del produttore (con acqua pulita o silicato di potassio), verificano la giusta cromia del prodotto in confronto con il controcampione di progetto.
- Provvede all'applicazione della mano di fondo utilizzando lo specifico materiale. L'applicazione è eseguita con pennelli o rulli o sistema airless. Le profilature (in corrispondenza di contorni o cambio di tinte) devono essere eseguite a pennello. La stesura del materiale deve: essere uniforme, rispettare le indicazioni di progetto per quanto riguarda i consumi per unità di superficie e comunque in relazione alla capacità di assorbimenti del supporto, avvenire per pennellate o rullate incrociate.

L'Operatore procede successivamente all'applicazione della mano di finitura come segue:

- Apre i contenitori verificando che in precedenza fossero sigillati.
- Controlla lo stato di asciugatura e di conservazione dello strato di fondo già applicato; verifica che non vi siano zone di distacco, depositi polverosi e di materiali incompatibili o altra situazioni che potrebbero rivelarsi critiche per la durabilità dell'opera in corso di esecuzione.
- Rimescola con cura il prodotto contenuto nelle confezioni, diluisce con acqua pulita o altro materiale idoneo il prodotto secondo le indicazioni del produttore, verificano la giusta cromia del prodotto in confronto con il controcampione di progetto.
- Provvede, inoltre, ad alternare le zone di ripresa tra mano di fondo e mano di finitura.
- Provvede a proteggere le superfici trattate da pioggia e umidità fino alla loro completa essiccazione.
- Provvede, infine, all'esecuzione di eventuali piccoli ritocchi in corrispondenza delle zone limitrofe all'intervento.

B NOTE: Specifiche su metodologie d'intervento, prodotti e strumenti

Per lavaggio: idropulitrice 80 / 100 / 150 / 200 bar; canne; cavo elettrico; lancia erogatrice; cassetta attrezzi; gasolio, acqua.

Per pulitura a secco e con mezzi meccanici: Spazzole (meglio non metalliche); Pennelli morbidi; Gomma pane; Spugne naturali; Gomme wishab; Cavi e quadro elettrico; Aspirapolvere; cotone; carta ovattata; Compressore 220Volt, 25lt; Pistole aeroabrasivatrici; Idroaerabrasivatrice; Pompa acqua pneumatica; Separatore di condensa (refrigerante); Bisturi; Microfrese elettriche; Microsabbiatrici; Microscalpelli; Ultrasuoni; Vibroincisori; Idropulitrice; Acqua distillata; Silice micronizzata; Allumina; Cotone; Microsfere di vetro; Silicato di alluminio; Calcare dolomitico.

Per pulitura mediante acqua nebulizzata: Ugelli nebulizzatori; Condotti d'aria; Condotti d'acqua; Compressore aria 1000 l/h; Deionizzatore; Giunti – raccordi; Minuterie; Spazzole nylon; Spazzole saggina; Spazzolini; Conduttimetro.

Per pulitura con biocidi: Pennelli; Spazzole; Pompa a spruzzo manuale a bassa pressione; Siringhe; Canne; Quadro elettrico (se non già presente in cantiere); BIOCIDI AD AZIONE IMMEDIATA: Acqua Ossigenata 120 volumi oppure ETO (Ossido di Etilene) al 10% in miscela gassosa di aria e CO₂; BIOCIDI AD AZIONE LENTA: Sintobrite, in soluzione acquosa 0,1-1% oppure Hyamine 1622, in soluzione acquosa 1-2% (oppure Neodesogen, Preventol).

Per pulitura chimica: Deionizzatore; Spazzole morbide; Bisturi; Teli in polietilene; Pennelli; Carta giapponese; Erogatore di vapor d'acqua; Spugne; Spatolini; Materiali:

ISPESENTI

- Polpa di carta
- Silice micronizzata
- Carbossimetilcellulosa
- Seppiolite
- Attapulgit

SOLUZIONI SOLVENTI O COMPLESSANTI

- Carbonato d'ammonio
- Bicarbonato d'ammonio
- AB57
- Acqua distillata
- Resine a scambio ionico
- Biocida
- Tensioattivo

SOLVENTI:

- acetone
- diluente nitro
- trielina
- tricloroetano
- metiletilchetone

Per la pulitura di graffiti: Condotti d'aria; Condotti d'acqua; Compressore aria 1000 l/h; Giunti – raccordi; Idropulitrice; Minuterie; Cassetta attrezzi; Spazzole nylon; Spazzole saggina; Spazzolini; Pennelli, rullo, pistola a spruzzo; Spatole; Spugne; Laser

Per il preconsolidamento e consolidamento corticale: Pennellesse, secchi, bottiglie con becco curvo, carta giapponese (applicazione a pennello); Contenitore a pressione in acciaio inox, spruzzatore manuale, Compressore aria 25/50 l/min. (applicazione a spruzzo); Ovatta o materiali simili, carta giapponese, polpa di carta, carbossimetilcellulosa, cannule, polietilene, lattice di gomma per formazione di tasche, rullino (applicazione ad impacco). Prodotti consolidanti: Silicato di etile, Resine acriliche, Idrato di bario, Acqua di calce, Consolidante ai silicati mono/bicomponenti; Solventi: ragia minerale, acetone, tricloretano, diluente nitro.

Per il consolidamento mediante iniezioni: Trapano manuale, punte, cavi elettrici, Compressore 25 l., erogatore aria, Quadro elettrico (se non già esistente in cantiere), Pistola per iniezioni, Siringhe, Cannule per iniezione, Spruzzatore manuale, Materiale sigillante removibile, Garze in cotone, Nastri adesivi, Pennelli, Martello, secchi, setaccio 0,5 mm; Materiali: legante quale Grassello di calce, Calce idraulica naturale, Malta premiscelata; aggregati quali Cocciopesto, Carbonato di calcio; additivi quali Lattice acrilico, Resina acrilica, Acqua, White spirit.

Per l'estrazione di sali solubili: Spatolini, Pennellesse, Spugne; Polpa di carta, Sepiolite, Attapulgit, Acqua distillata, Carta giapponese.

Per le stuccature di fessurazioni: Miscelatori elettromeccanici, Cazzuole, cazzuolini, attrezzi per stilature, Spugne, pennelli, Dosatori a volume noto per dosaggi, Siringhe, aghi, Setacci; Materiali: grassello di calce, calci idrauliche naturali; leganti polimerici quali resine epossidiche, poliestere; aggregati quali sabbia litta, carbonato di calcio, sabbie selezionate a granulometria nota, cocciopesto, polvere di marmo; additivi quali lattice acrilico, pigmenti quali terre coloranti, pietre macinate, ossidi di ferro precipitati; solventi quali acetone, tricloretano.

Per le integrazioni di lacune: Betoniera, miscelatori elettromeccanici, Cazzuole, Frattazzo metallico, frattazzino di spugna, Spugne, Casse a volume noto per dosaggi; materiali: leganti quali grassello di calce, calce idrata in polvere, calce idraulica naturale; aggregati quali sabbia litta, sabbie selezionate a granulometria finissima (per intonaco marmorino); additivi: lattice acrilico; pigmenti quali terre coloranti, pietre macinate, ossidi di ferro precipitati.

Per la applicazione di coloritura a velatura: Pennelli, pennellesse, spugne, tessuti, ecc., Materiali di copertura e protezione (carta, polietilene, nastri adesivi, metilcellulosa, ecc.). leganti: grassello di calce, calce idraulica naturale, calce idrata in polvere, Tinta ai silicati (con quantità di stabilizzante entro i limiti della norma DIN 18363); additivi: Primal AC 33; pigmenti: terre coloranti, ossidi di ferro precipitati.

Per la rimozione di intonaci e tinte: Mazzetta, punta e scalpello, Idropulitrice, Martello elettrico, Cavo elettrico, Scalpello ad aria compressa, Compressore 380 Volt., Cavi elettrici 380 Volt., Martelline, spatole, raschietti, bisturi, lame, microscalpello, vibroincisore. Materiali: Sverniciatore, Sverniciatore a caldo, Acqua.

Per la realizzazione degli intonaci: Betoniera, miscelatori elettromeccanici, Cazzuole, frattazzi, stagge metalliche, filo a piombo, Casse a volume noto per dosaggi. Leganti idraulici: calce idraulica naturale, cocciopesto; aggregati: sabbia vagliata del Ticino, sabbie selezionate a granulometria nota (per intonaco rustico), sabbia litta, sabbie selezionate a granulometria nota, polveri di marmo (per intonaco civile), aggregati selezionati a granulometria finissima (per intonaco marmorino); additivi: lattice acrilico; pigmenti: terre coloranti, ossidi di ferro precipitati (per intonaco colorato in pasta); prodotti premiscelati pronti all'uso.

Per la applicazione di coloritura a velatura: Pennelli, pennellesse, spugne, tessuti, ecc., Materiali di copertura e protezione (carta, polietilene, nastri adesivi, metilcellulosa, ecc.). leganti: grassello di calce, calce idraulica naturale, calce idrata in polvere, Tinta ai silicati (con quantità di stabilizzante entro i limiti della norma DIN 18363); additivi: Primal AC 33; pigmenti: terre coloranti, ossidi di ferro precipitati.

Per l'applicazione di protettivi: Pennelli, pennellesse, rulli, bottiglia con canna curva, Materiali di copertura e protezione (carta, polietilene, nastri adesivi, metilcellulosa, ecc.), Compressore, sistema airless. Materiali: Resine acriliche in soluzione, Resine siliconiche o loro miscele, Alchiltrialcossilossano, Pittura ai silicati (silicato di potassio), Primer ai silicati per diluizione; solventi quali Solvesso 100, Ragia minerale, Acqua.

Ai fini della sicurezza, gli Operatori dovranno attuare determinate procedure e prendere gli opportuni provvedimenti a seconda delle operazioni da svolgere in cantiere e precedentemente esplicate:

- Gli operatori indossano gli indumenti protettivi di lavoro più idonei al tipo di lavorazione svolta: oltre al casco, occhiali, guanti, maschere con filtro, cuffie antirumore, tute impermeabili, ecc.
Idonee segnalazioni antinfortunistiche dovranno essere poste in corrispondenza di passaggi pedonali e veicolari.
- Gli operatori predispongono le opportune protezioni all'eventuale passaggio pedonale o veicolare sottostante l'area d'intervento, controllando, ad esempio, la raccolta delle polveri abrasive nel caso di pulitura con mezzi meccanici, o il deflusso delle acque reflue nel caso si stia eseguendo un'operazione di lavaggio o pulitura che implica l'impiego di acqua. Inoltre verificheranno che le stesse acque reflue siano, se previsto in progetto, adeguatamente incanalate e immesse nella rete fognaria stradale.
- Predispongono le opportune protezioni all'eventuale passaggio pedonale sottostante controllando la raccolta delle polveri e la possibilità di cadute dei materiali di utilizzo.
- Predispongono le opportune protezioni e sigillature su infissi, portoni, elementi decorativi, elementi in metallo o vetro, ecc., ad evitare infiltrazioni di acqua, polveri o di altre sostanze/prodotti che potrebbero provocare danneggiamenti, imbrattamenti o contaminazioni su aree non soggette all'intervento.
- Nel caso si svolgano impacchi per pulitura o consolidamento, l'operatore predispone le opportune protezioni con carte, fogli di polietilene o altro sistema idoneo ad evitare possibilità di imbrattamento, in particolare delle superfici limitrofe all'area sulla quale eseguire l'impacco.
- Nel caso di impiego di mezzi meccanici o macchinari erogatori di acqua, gli operatori eseguono il collegamento alla rete idrica avendo cura che non vi siano perdite nell'impianto, ed il collegamento all'impianto erogatore dell'energia elettrica. Verificano inoltre che il senso di rotazione del motore sia corretto.
- Nel caso di asportazione di intonaci, l'operatore procede alla discesa controllata delle macerie dall'alto verso il basso ed alla pulizia delle aree limitrofe al cantiere. Procede poi al caricamento delle macerie sul piano di carico del mezzo di trasporto per lo smaltimento alla discarica e a controllare che tra i materiali di risulta della demolizione dell'intonaco non siano presenti materiali ad essi non assimilabili ai fini dello smaltimento, come i rifiuti speciali o tossico-nocivi.
- Tutti i materiali utilizzati in cantiere devono essere conservati all'asciutto ed in luogo riparato.
- Al termine della specifica lavorazione svolta (lavaggio, pulitura, consolidamento, ecc.) si procede allo smontaggio di qualsiasi tipo di impianto resosi necessario, riordinando adeguatamente le attrezzature impiegate; si provvede poi alla rimozione di tutte le protezioni e coperture, e alla pulizia dei residui a piè d'opera e di eventuali residui di lavorazione presenti sul ponteggio.

D COLLAUDO: Modalità d'esecuzione e criteri di accettabilità

Si verifica visivamente (e comunque in relazione allo specifico scopo dei vari tipi di pulitura, alle caratteristiche delle superfici e dei depositi/sporco presenti):

- che la pulitura della superficie sia sufficiente, cioè che non siano presenti residui di parti distaccate, parti incoerenti ed eccessivamente sfarinate;
- che dopo il risciacquo non siano presenti sulla superficie le tipiche formazioni di polveri e aggregati fini trasportate verso il basso dal ruscellamento delle acque di lavaggio;
- che la superficie sia omogeneamente pulita e cioè non siano visibili i tipici segni dovuti alla azione meccanica del getto d'acqua se ciò può influire negativamente sulla finitura prevista in progetto;
- che le superfici, in particolare nelle zone più esposte all'azione degli agenti atmosferici, non presentino evidenti ed eccessive erosioni;
- che l'azione meccanica esercitata nella pulitura a secco non abbia provocato cadute o perdite di frammenti significativi o abrasioni della pellicola pittorica;
- che l'intervento di pulitura a secco sia risultato efficace rispetto ai requisiti di progetto e congruente con le campionature e prove eseguite;
- che i contrasti cromatici ed i rapporti tra lumi ed ombre non siano abbassati o sbiaditi a causa della asportazione dei pigmenti.

Nel caso si ricorra alla microsabbatura, si controlla:

- che non vi siano infiltrazioni del materiale abrasivo dietro le protezioni, che le protezioni dalle polveri e dalla caduta del materiale abrasivo siano attive ed efficienti;
- che vi sia una corretta esecuzione di tutti i collegamenti;
- che non vi siano eventuali otturazioni nelle tubazioni di portata dell'abrasivo;
- che non vi sia condensa nelle tubazioni aria e che la pressione dell'aria sia compresa tra 0,5 e 1,5 bar.

Nel caso si ricorra alla pulitura mediante acqua nebulizzata, si controlla:

- che la pulitura della superficie sia sufficiente, cioè che non siano presenti, al controllo visivo, residui di sporco, croste nere, depositi di particellato;
- che la superficie sia omogeneamente pulita e cioè non siano visibili macchiature indesiderate dovute ad insufficiente o disomogeneo lavaggio pur nel rispetto delle patine naturali;
- che dopo asciugatura delle superfici non siano visibili macchie biancastre dovute ad efflorescenze, macchie anomale dovute all'azione ossidante dell'acqua o cadute di materiale in fase di distacco.

Nel caso si ricorra alla pulitura con biocida, si controlla:

- Si verifica che non vi siano infiltrazioni del biocida dietro le protezioni, che lo stesso non vada a bagnare parti che devono rimanere protette dall'azione biocida.
- Si verifica visivamente che al termine dell'operazione la bonifica della superficie sia completa, cioè che non siano presenti residui di elementi vegetali anche disseccati; e che non siano presenti, dopo il risciacquo, residui dell'agente biocida;
- dopo il risciacquo ed asciugatura non siano presenti sulla superficie macchie, patine o formazioni saline dovute all'azione aggressiva del biocida.

Nel caso si ricorra alla pulitura chimica, si controlla:

- Si controlla che l'impacco sia mantenuto costantemente umido (deve essere coperto da telo in plastica ben sigillato sui bordi, avere consistenza pastosa, non si devono notare sull'impacco screpolature da ritiro o cambiamenti di colore dovuti ad iniziale asciugatura);
- si controlla che, dopo il risciacquo con acqua deionizzata, non siano più visibili sulla superficie residui di materiale utilizzato per l'impacco;
- si verifica visivamente (e comunque in relazione allo specifico scopo di questi tipo di pulitura, alle caratteristiche delle superfici e dei depositi e del tipo di sporco presenti):
- che la pulitura della superficie sia sufficiente, cioè che non siano presenti residui di sporco, croste nere, depositi di particellato;

- che la superficie sia omogeneamente pulita e cioè non siano visibili macchiature indesiderate dovute ad insufficiente o disomogenea pulitura pur nel rispetto delle patine naturali;
- che dopo la pulitura non siano visibili macchie biancastre dovute ad efflorescenze, corrosioni dovute all'azione aggressiva degli agenti pulitori, macchie anomale dovute all'azione ossidante dell'acqua o cadute di materiale in fase di distacco;
- che l'intervento di pulitura ad impacco sia risultato efficace rispetto ai requisiti di progetto e congruente con le campionature e prove eseguite.

Nel caso si esegua un'operazione di preconsolidamento e/o consolidamento, si controlla che:

- le prove preliminari di consolidamento eseguite siano state localizzate su aree effettivamente paradigmatiche rispetto all'intervento di preconsolidamento;
- l'intonaco di supporto sia in condizioni di disaggregazione tali che l'intervento di pulitura potrebbe risultare eccessivamente invasivo senza un preliminare preconsolidamento della superficie;
- le prove di preconsolidamento eseguite garantiscano la possibilità di eseguire in sicurezza la successiva pulitura prevista dal progetto;
- insieme alla superficie non siano state fissate polveri e materiali incoerenti successivamente difficilmente asportabili;
- i materiali di preconsolidamento siano compatibili con i successivi prodotti previsti in progetto per il consolidamento definitivo.
- la quantità di consolidante applicata per unità di superficie (l o kg / mq) corrisponda alle specifiche di progetto (che dovrà già considerare differenziati assorbimenti in relazione alle caratteristiche del supporto) con tolleranze di +/- 10%.

Si verifica, in relazione alla tecnica di esecuzione del preconsolidamento o consolidamento (ad impacco, a pennello, a spruzzo manuale, a spruzzo a volume d'aria) che:

- siano state protette adeguatamente tutte le superfici limitrofe e non soggette all'intervento di preconsolidamento;
- le protezioni applicate non abbiano prodotto danni o degradi alle superfici sulle quali sono state applicate;
- già in fase di prove preliminari sia stata verificata l'efficacia dei presidi di protezione e che non si siano verificati quindi percolamenti o contaminazioni su aree non soggette ad intervento di preconsolidamento e/o consolidamento.

Si controlla visivamente l'esito del preconsolidamento e/o consolidamento, se eseguito ad impacco con materiali inorganici:

- che, dopo asportazione della velinatura non si sia verificata caduta di frammenti significativi della pellicola pittorica o che tali frammenti siano rimasti in adesione alla carta giapponese;
- che non siano presenti sulla superficie efflorescenze saline dovute all'azione dei prodotti di consolidamento;
- che sulla superficie non si siano verificati imbiancamenti dovuti all'azione dei prodotti di preconsolidamento o ad errori nell'applicazione del sistema quanto a concentrazione e tempi di contatto degli impacchi;
- che non si siano verificati percolamenti delle sostanze consolidanti sulle superfici limitrofe, da non preconsolidare;
- che la superficie, dopo il preconsolidamento, si presenti omogeneo e senza arianature;
- che l'intervento di preconsolidamento sia risultato efficace rispetto ai requisiti di progetto, in particolare che la superficie si presenti sufficientemente coesa compatibilmente con le successive operazioni di pulitura.

Si controlla visivamente che l'esito del preconsolidamento, così come del consolidamento successivo, se eseguito con applicazione di consolidanti polimerici a pennello o spruzzo:

- non devono essere visibili formazioni saline cristallizzate in superficie sotto forma di patine superficiali o escrescenze biancastre, né devono essere visibili formazioni biologiche (patine verdastre o nerastre e/o vegetazione superiore);
- che non si siano verificati percolamenti delle sostanze consolidanti sulle superfici limitrofe, da non preconsolidare o consolidare;
- non si devono notare macchie anomale ed i cromatismi complessivi delle superfici devono essere il più possibile omogenei;
- non devono essere visibili aree traslucide per eccesso di materiale consolidante in superficie, anche verificando a luce radente;
- la superficie deve presentarsi sufficientemente compatta, non polverosa ed in grado di consentire assorbimenti compatibili con le successive operazioni di pulitura.

Nel caso si esegua un'operazione di consolidamento mediante iniezioni, si controlla che:

- l'area di iniezione sia stata adeguatamente umidificata e in questo caso si dovranno osservare i tipici scurimenti delle superfici con colature di acqua in particolare dai fori inferiori;
- con controlli saltuari e senza preavviso, gli operatori eseguano: corretti dosaggi in volume, la miscelazione dei componenti avvenga in contenitori puliti ed in assenza di residui della miscelazione precedente;
- con controlli ripetuti in cantiere, l'iniezione della maltina consolidante sia eseguita secondo le indicazioni e si verifica che l'intasamento della tasca sia completo, se possibile, controllando la fuoriuscita della maltina consolidante dai fori attigui a quello di iniezione.
- l'Operatore, infine, procede di nuovo ad una battitura delle zone oggetto dell'intervento con leggeri e ravvicinati colpi di martelletto di gomma o con le nocche della mano e ne ascolta le risposte acustiche (un suono acuto è indice di un ristabilimento di una buona adesione dell'intonaco al supporto).

Nel caso venga eseguita l'estrazione di sali solubili, si controlla che:

1. siano state adeguatamente protette tutte le superfici limitrofe e non soggette all'intervento di estrazione dei sali solubili, che le protezioni applicate non abbiano prodotto danni o degradi alle superfici sulle quali sono state applicate, che già in fase di prove preliminari sia stata verificata l'efficacia dei presidi di protezione e che non si siano verificati percolamenti o contaminazioni su aree non soggette all'intervento.
- la superficie non presenti abrasioni della pellicola pittorica; che l'azione dell'impacco non abbia asportato, anche solo parzialmente, "pentimenti", patinature intenzionali, ridipinture a secco, ecc. e, comunque, siano stati rispettati i requisiti di progetto definiti nelle precedenti campionature e prove preliminari;
- l'intervento risulti congruente con le campionature e prove eseguite;
- dopo asciugatura delle superfici non siano visibili macchie biancastre dovute ad ulteriore cristallizzazione dei sali;
- non si siano verificate disaggregazioni o distacchi della pellicola pittorica;
- non siano evidenti colature e cordoni sulle superfici sottostanti causate da percolamenti di acqua distillata;
- l'intervento di estrazione dei sali sia risultato efficace rispetto ai requisiti di progetto.

Per l'intervento di stuccatura si controlla:

1. la giusta cromia degli impasti per le sigillature superficiali prima della loro applicazione, eseguendo una campionatura su pannello rigido, lasciandola asciugare completamente (o forzandone l'asciugatura con getti di aria calda) e verificando, per confronto visivo e per accostamento, che la campionatura corrisponda al controcampione di progetto sia per quanto riguarda la pigmentazione in massa dell'impasto che per quanto riguarda la granulometria, disposizione tessiturale e colorazione dell'aggregato.
2. che i valori di sottolivello cui tenere la stuccatura superficiale rispetto alla superficie intonacata esistente siano quelli definiti e che il prodotto di stuccatura, dopo asciugatura, sia ben aderente ai lembi della fessurazione, cioè che non siano visibili microfessurazioni da ritiro tra la stuccatura ed i lembi della fessurazione stessa;
3. che l'operazione di stuccatura sia estesa a tutte le fessurazioni visibili e comunque siano impediti eventuali infiltrazioni di acqua all'interno della superficie intonacata;
4. che non si verifichino distacchi delle malte di stuccatura dal supporto. La verifica può essere fatta per abrasione con raschietto;

5. che non si verifichino macchie anomale perché la colorazione complessiva delle superfici deve essere il più possibile omogenea;
6. che non siano visibili formazioni saline cristallizzate in superficie sotto forma di patine superficiali o escrescenze biancastre, né formazioni biologiche (patine verdastre o nerastre);
7. che la superficie oggetto della stuccatura, dopo 10-15 giorni (in relazione a temperatura e umidità relativa), si presenti compatta tale che, esercitando una moderata azione con raschietto metallico sulla superficie non si verifichi sfarinamento del materiale;
8. che non siano visibili imbrattamenti della superficie dipinta adiacente dovuti a debordamenti delle malte di stuccatura.

Per l'integrazione di lacune si controlla:

9. che i dosaggi in volume siano corretti utilizzando contenitori a volume noto;
10. che la miscelazione dei componenti avvenga in contenitori (o con betoniera) puliti ed in assenza di residui della miscelazione precedente;
11. che la miscelazione prosegua fino ad ottenere il colore uniforme dell'impasto;
12. che i materiali di protezione (teli, pannelli rigidi, ecc.) siano ben addossati e/o vincolati alle opere da proteggere;
13. se l'impasto viene confezionato in cantiere gli operatori, prima della applicazione, eseguono una campionatura su pannello rigido, la lasciano asciugare completamente (o ne forzano la asciugatura con getti di aria calda) e verificano, per confronto visivo e per accostamento, che la campionatura corrisponda al controcampione di progetto sia per quanto riguarda la pigmentazione in massa dell'impasto che per quanto riguarda la granulometria, disposizione tessiturale e colorazione dell'aggregato;
14. che non ci siano distacchi dal supporto. La verifica può essere fatta con battitura delle superfici stesse, per campione, con martello di gomma dura e si ascolta la risposta sonora (non si devono udire suoni sordi);
15. che non siano visibili crepe o fessure da ritiro dopo 3-10 giorni dalla applicazione (in relazione alle temperature e U.R.);
16. che non si notino macchie anomale perché la colorazione complessiva delle superfici deve essere il più possibile omogenea;
17. che non vi siano formazioni saline cristallizzate in superficie sotto forma di patine superficiali o escrescenze biancastre, né formazioni biologiche (patine verdastre o nerastre e/o vegetazione superiore);
18. che la superficie, dopo 3-10 giorni (in relazione alle temperature e U.R.), si presenti compatta tale che, esercitando una media azione meccanica con raschietto metallico sulla superficie non si verifichi sfarinamento del materiale.
19. La corrispondenza della cromia del materiale applicato nella lacuna e perfettamente essiccato, rispetto alle indicazioni di progetto, si esegue per confronto visivo accostando il controcampione di progetto alla superficie.
20. che l'intonaco di lacuna sia stato tenuto in leggero sottolivello rispetto agli intonaci esistenti e che sia stata posta la massima attenzione nelle lavorazioni in corrispondenza dei lembi di accosto con gli intonaci esistenti;
21. che non siano visibili imbrattamenti delle superfici degli intonaci adiacenti alla lacuna dovuti a debordamento delle malte di impiego.
 - che, con osservazione da adeguata distanza e con adatta illuminazione, l'intervento di integrazione pittorica sia accettabile in relazione ai requisiti di progetto ed alle campionature eseguite;
 - che, qualunque sia il metodo di integrazione cromatica definito dal progetto, il tratteggio eviti: passaggi cromatici duri tra cromatismi differenti, scalettature, sequenze cromatiche incongrue.

Nel caso si esegua un'operazione di impacco con idrossido di bario, si controlla che:

- che la superficie non presenti abrasioni della pellicola pittorica; che l'azione dell'impacco non abbia asportato, anche solo parzialmente, „pentimenti“, patinature intenzionali, ridipinture a secco, ecc. e, comunque, siano stati rispettati i requisiti di progetto definiti nelle precedenti campionature e prove preliminari;
- che l'intervento risulti congruente con le campionature e prove eseguite;
- che dopo asciugatura delle superfici non siano visibili macchie biancastre dovute ad ulteriore cristallizzazione dei sali;
- che non si siano verificate disaggregazioni o distacchi della pellicola pittorica;
- che non siano evidenti colature e cordonature sulle superfici sottostanti causate da percolamenti di acqua distillata.

Dopo l'asportazione di intonaci si controlla che:

22. l'intervento di demolizione sia eseguito con metodo e strumenti adeguati ad ottenere i risultati che si propone il progetto, in particolare: che l'attrezzatura utilizzata consenta di eseguire un lavoro celere ma senza provocare danni alla muratura di supporto e ciò in relazione sia alla consistenza dell'intonaco da demolire che allo stato di conservazione/integrità della muratura;
23. i materiali di protezione (teli, pannelli rigidi, ecc.) siano ben addossati e/o vincolati alle opere da proteggere e che siano state messe in atto tutte le protezioni e segnalazioni antinfortunistiche in corrispondenza di passaggi pedonali e veicolari;
24. sul supporto murario non siano rimaste parti o residui dell'intonaco da demolire;
25. sia stata correttamente eseguita la scarifica dei giunti di allettamento tra i conci/laterizi (se prevista in progetto);
26. la superficie della muratura si presenti integra, non siano visibili scanalature e/o rotture degli elementi componenti l'apparecchio murario dovuti ad eccessiva percussione (sia con mezzi manuali che elettromeccanici) durante la demolizione;
27. le superfici siano state correttamente lavate e liberate da polveri, materiali di risulta, ecc.

Dopo la raschiatura di tinte si controlla che:

28. il supporto sia integro e, se il progetto lo richiede, che non vi sia stata impregnazione del supporto con parte del legante specifico del prodotto da asportare;
29. il supporto sia integro, cioè che con la raschiatura non siano stati asportati parti corticali del supporto stesso o che, indugiando con mezzi meccanici non si siano procurate abrasioni, rotture o distacchi dell'intonaco sottostante.

Dopo l'esecuzione di intonaci si controlla che:

30. dopo 2-5 giorni dalla applicazione (in relazione a temperature e U.R.), il rinzafo sia ben aderente al supporto esercitando, a campione, una decisa azione con spatola metallica sullo strato applicato; esso dovrà presentarsi duro e resistente e le parti che dovessero distaccarsi, a seguito della prova, dovranno presentare, sulla parte retrostante, tracce del supporto.
31. ci sia, per l'arriccio, la planarità delle superfici (se requisito richiesto);
32. non siano visibili crepe o fessure dopo 7 giorni dalla applicazione (in relazione a temperature e U.R.);
33. non vi siano distacchi dal supporto. La verifica può essere fatta con battitura delle superfici stesse, per campione, con martello di gomma dura e si ascolta la risposta sonora (non si devono udire suoni sordi);
34. non vi siano macchie anomale e la colorazione complessiva delle superfici sia il più possibile omogenea;
35. non siano visibili formazioni saline cristallizzate in superficie sotto forma di patine superficiali o escrescenze biancastre, né siano visibili formazioni biologiche (patine verdastre o nerastre e/o vegetazione superiore);
36. la superficie, dopo 3-7 giorni dalla applicazione (in relazione a temperature e U.R.) si presenti dura e compatta tale che, esercitando una media azione meccanica con raschietto metallico sulla superficie non si verifichi sfarinamento del materiale.
37. in caso di intonaco marmorino, la superficie deve presentarsi liscia (o lucida secondo le indicazioni di progetto) in modo che, passando una mano sulla superficie non si avvertano asperità e non devono essere visibili crepe o fessure dopo 3-10 giorni dalla applicazione (in relazione alle temperature e U.R.).
38. in caso di intonaco colorato in pasta, la superficie deve presentare una rugosità rapportata alle dimensioni dell'aggregato utilizzato nella malta di stabilitura e deve presentare una tessitura superficiale omogenea.

Nel caso di applicazione della coloritura a velatura si controlla che:

39. il prodotto sia in confezioni originali ben chiuse e con eventuali date di scadenza del prodotto antecedenti alla data di esecuzione dei lavori, che il prodotto, dopo attenta miscelazione, abbia una consistenza adeguata al tipo di applicazione, abbia cioè, quelle

caratteristiche di lavorabilità riconosciute per esperienza come ottimali; se non già pronto all'uso il prodotto sia stato diluito con le quantità ed il tipo di diluente previsto dalla scheda tecnica del produttore; che l'adesione al supporto sia accettabile, la cromia del prodotto applicato su superficie campione e asciutto corrisponda a quella del controcampione di progetto.

40. non siano visibili crepe o fessure dopo 3 giorni dalla applicazione;
41. non si riscontrino distacchi dal supporto, bollature o sollevamenti della tinteggiatura;
42. non siano visibili formazioni saline cristallizzate in superficie sotto forma di patine superficiali o escrescenze biancastre, nè devono essere visibili formazioni biologiche (patine verdastre o nerastre e/o vegetazione superiore);
43. la superficie, dopo 3 giorni dalla applicazione, si presenti compatta, asciutta al tatto, non polverosa o disaggregata;
44. non siano visibili macchie anomale nè segni di sormonti o riprese dovuti a improprie sovrapposizioni di pennellate durante l'applicazione.
45. la cromia della pitturazione in opera sia accettabile in relazione al controcampione di progetto;
46. la tessitura superficiale sia regolare e omogenea in ogni parte della superficie;
47. la tinteggiatura si presenti, dopo completa asciugatura e iniziale carbonatazione (se tinta a calce) dopo circa 30 giorni, regolarmente disomogenea. I leggeri contrasti cromatici (marezzature) dovranno essere ben visibili da distanza ravvicinata e dovranno invece confondersi a più lunga distanza.

Nel caso di applicazione di protettivo si controlla che:

- le superfici siano state preparate, se necessario, come indicato in progetto. Si verifica che: il prodotto sia in confezioni originali ben chiuse e con eventuali date di scadenza del prodotto antecedenti alla data di esecuzione dei lavori, il prodotto, dopo attenta miscelazione, abbia una consistenza adeguata al tipo di applicazione, abbia cioè, caratteristiche di lavorabilità riconosciute per esperienza come ottimali, se non già pronto all'uso il prodotto sia stato diluito con le quantità ed il tipo di diluente previsto dalla scheda tecnica del produttore, la cromia del prodotto, applicato su superficie campione e asciutto corrisponda a quella del controcampione di progetto.
- i materiali di protezione (teli, pannelli, fogli di carta o polietilene, ecc.) siano ben addossati, aderenti e/o vincolati alle opere da proteggere.
- dopo 24 ore dalla applicazione, la mano di fondo sia:
 - asciutta al tatto, non appiccicosa e uniformemente distribuita;
 - che la quantità di materiale utilizzato per unità di superficie corrisponda a quanto stabilito dal progetto;
 - che le superfici dopo la prima mano si presentino integre, ben aderenti al supporto, prive di sporco, polveri, residui di lavorazioni contigue.
- non siano visibili crepe o fessure dopo 3 giorni dalla applicazione;
- non si riscontrino distacchi dal supporto, bollature o sollevamenti della pellicola pittorica;
- non siano visibili formazioni saline cristallizzate in superficie sotto forma di patine superficiali o escrescenze biancastre, né devono essere visibili formazioni biologiche (patine verdastre o nerastre e/o vegetazione superiore);
- la superficie, dopo 3 giorni dall'applicazione si presenti compatta, asciutta al tatto, non polverosa o disaggregata;
- non siano visibili difformità di colorazione tra le varie superfici, macchiature, alonature, ecc., determinate da applicazione in condizioni climatiche non favorevoli.
- non siano visibili macchie anomale né segni di sormonti o riprese dovuti a improprie sovrapposizioni di pennellate durante l'applicazione;
- la cromia della pitturazione in opera sia accettabile in relazione al controcampione di progetto. La verifica della accettabilità può essere eseguita avvicinando il controcampione di progetto alla superficie e si osservano eventuale differenze di tinta, da 5 metri di distanza, in condizioni di luce medie (su superfici che non siano in ombra scura nè in pieno sole).

Si può eseguire una campagna di letture di assorbimento d'acqua per capillarità (pipette).

Art. 25.5 : 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 art. 2- Cap. 5 (Elenco degli addetti da utilizzare per opere specialistiche); art. 4.2, 4.3, 4.4, (pulitura, consolidamento, protezione dei materiali; malte e conglomerati); artt. 2.2.1, 2.2.11, (materiali in genere; prodotti impregnanti in genere).

Sarà assolutamente vietato l'utilizzo come sigillanti in pasta di sostanze elastomeriche.

Norme generali per la misurazione e la valutazione dei lavori

Norme generali

Le misurazioni in genere si faranno con i metodi rigorosi della geometria a numero, escluso ogni altro sistema che non sia stabilito in appresso o nell'Elenco Prezzi Unitari.

L'Appaltatore deve tempestivamente richiedere la misurazione in contraddittorio di quelle opere e somministrazioni che successivamente non si potessero accertare e la verifica di tutto ciò che deve essere misurato o pesato prima di essere posto in opera.

Se talune quantità non venissero accertate in tempo debito, l'Appaltatore deve accettare la valutazione della D.L.

Ogni opera deve corrispondere, nelle sue dimensioni, a quelle prescritte. Nel caso di eccesso si tiene come misura quella prescritta e in caso di difetto, se l'opera è accettata dalla D.L., si terrà come misura quella effettivamente rilevata.

Le opere e le provviste sono appaltate a misura secondo le indicazioni dell'Elenco Prezzi Unitari e delle presenti norme.

Trasporti

Con i prezzi dei trasporti si intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, per il conducente, il ritorno a vuoto e ogni altra spesa occorrente. I mezzi di trasporto per i lavori in economia dovranno essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

Art. 26 : Ordine da tenersi nella esecuzione dei lavori

In genere l'Appaltatore avrà la facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché esso, a giudizio della D.L., non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'Amministrazione nonché alla sicurezza della salute dei lavoratori.

L'Amministrazione si riserva in ogni modo il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo e di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze

dipendenti dall'esecuzione di opere ed alla consegna delle forniture escluse dall'appalto, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.
In ogni caso, nel corso dei lavori, l'Appaltatore dovrà tener conto delle priorità tecnico-scientifiche stabilite dalla D.L. o dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Art. 27 : Prescrizioni specifiche propedeutiche agli interventi di restauro
--

Sono a carico esclusivo dell'impresa le seguenti operazioni propedeutiche e successive agli interventi di restauro:

- g) gli interventi di pulitura e di consolidamento di parti lapidee o laterizie dovranno essere preceduti dall'inoltro di una relazione tecnico-metodologica sottoscritta da un restauratore qualificato a norma dell'art.29 del D.Lgs.42/2004;
- h) considerata la peculiare natura e valenza delle murature interessate, l'esecuzione degli interventi dovrà essere affidata a ditta qualificata nel restauro delle superfici ai sensi del medesimo articolato normativo;
- i) prima di ogni intervento che modifichi lo stato di fatto, sia esso di carattere strutturale, reintegrativo, ricostruttivo, demolitivo, la porzione interessata dovrà essere oggetto di indagine stratigrafico-archeologica che rilevi e documenti le fasi costruttive e ne classifichi le caratteristiche;
- j) gli interventi ricostruttivi e di consolidamento, di qualsiasi genere e natura – strutturali di carattere definitivo e permanente o di ricomposizione – così come eventuali interventi di demolizione di parti, ancorchè "superfetative", dovranno essere oggetto di progettazione esecutiva (non presente nella documentazione inviata) da sottoporre ad approvazione preventiva della scrivente;
- k) le ricostruzioni dovranno inoltre essere testate, campionate o sottoposte a preventiva valutazione, ivi comprese le malte, i laterizi ed ogni altro materiale e tecnologia adottata.

Inoltre è obbligo dell'impresa garantire la presenza continuativa in cantiere di almeno un restauratore qualificato ai sensi dell'art.29 del D.Lgs.n.42/2004.

Il Capo Settore Lavori Pubblici