



Ministero della Cultura
Direzione Generale
Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio
per le Province di Frosinone e Latina

**" PNRR - M1C3 Investimento 2.4: Linea d'azione 1 "Sicurezza sismica nei luoghi di culto, torri e campanili"
CORPO CHIESA - ANNESSO EX MONASTERO DELLE CLARISSE DI SEZZE (LT)
Cup F16J24000120006**

Importo finanziamento: € 1.100.000,00 assegnato con Decreto n. 609 del 20.05.2024 del Segretariato Generale del Ministero della Cultura

PROGETTO ESECUTIVO



R.U.P.
Arch. Lorenzo Mattone

Progettista per la parte architettonica e strutturale:
Studio Croci e Associati - Arch. Aymen Herzalla (Legale rappresentante)

Progettista per le superfici decorate e direttore operativo:
Emiliano Africano s.r.l.

Redazione del piano di sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Giovanni Battista Marchese

Rilievi:
Geom. Emiliano Esposto

Oggetto Tavola:
Miglioramento sismico della Chiesa
Opere edili e strutturali

Data:
30/03/2026
Revisione:

Tavola
DDP_Disciplinare Descrittivo e Prestazionale
Nome File:
DDP_Disciplinare descrittivo e prestazionale.doc

INDICE

1. PREMESSA	4
2. INTERVENTI STRUTTURALI: ESECUZIONE E COLLAUDO	5
2.1. PRESCRIZIONI GENERALI	5
2.2. NOTE SULLE LAVORAZIONI	5
2.2.1. Rilievo dello stato di fatto	5
2.2.2. Note generali	6
2.2.3. Demolizioni, rimozioni ed esecuzione di fori	6
2.2.4. Carpenterie metalliche	7
2.3. PRESCRIZIONI PER LA ZONA SISMICA	7
2.4. COLLAUDO STATICO	7
2.5. RESPONSABILITÀ DELL' APPALTATORE	9
2.6. FILOSOFIA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI PREVISTI IN PROGETTO	9
2.7. CENNI SUGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO	9
3. GENERALITÀ SUI MATERIALI UTILIZZATI	11
4. QUALITÀ DEI SINGOLI MATERIALI E COMPONENTI	12
4.1. MATERIALI IN GENERE	12
4.2. ELEMENTI DI LATERIZIO	12
4.3. MALTE PER MURATURE IN GENERE	12
4.4. MALTA FINE DI CALCE E POZZOLANA FIBRORINFORZATA	13
4.5. MALTA PER INIEZIONI E RISARCITURE	14
4.6. MALTE ESPANSIVE	16
4.7. ADESIVI EPOSSIDICI	16
4.8. ACCIAIO PER CARPENTERIA	16
4.9. ACCIAIO INOX	18
4.10. MATERIALI COMPOSITI (FRP)	18
4.11. FIBRA ARAMIDICA	20
4.12. FIBRA DI VETRO	20
4.13. MATERIALI PER RISARCITURA DI LESIONI SU PIETRA NATURALE	21
4.14. FUNI IN ACCIAIO ZINCATO	21
4.15. INTONACI E RASATURE	22
4.16. TINTEGGIATURE	24
4.16.1. Pigmenti	25
4.16.2. Tinte	26
4.16.3. Pitture	27
4.16.4. Vernici	28
4.17. TRATTAMENTO BIOCIDA	29
4.17.1. Alghicidi, battericidi, fungicidi	30
4.17.2. Erbicidi	30
4.17.3. Criteri di accettazione	30
4.17.4. Tabella di comparazione	31

4.18.	MATERIALI PER COPERTURE.....	31
4.18.1.	<i>Generalità.....</i>	31
4.18.2.	<i>Tegole e coppi di laterizio.....</i>	31
4.18.3.	<i>Massetto di regolarizzazione e livellamento.....</i>	32
4.18.4.	<i>Impermeabilizzazioni.....</i>	32
4.19.	MATERIALI PER RACCOLTA, DRENAGGIO E SCARICO DI ACQUE PIOVANE.....	34
4.20.	MATERIALI PER IL TRATTAMENTO DEL LEGNO IN COPERTURA	34
5.	OPERE PROVVISORIALI, NOLEGGI E TRASPORTI.....	35
5.1.	OPERE PROVVISORIALI, OPERE DI PRESIDIO E DI SICUREZZA.....	35
5.2.	NOLEGGI	39
5.3.	TRASPORTI	39
6.	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI.....	40
6.1.	GENERALITÀ	40
6.2.	GENERALITÀ SUI CONSOLIDAMENTI.....	40
6.3.	INDAGINI PRELIMINARI PRE-DEMOLIZIONI.....	40
6.4.	DEMOLIZIONI E RIMOZIONI.....	40
6.5.	DEMOLIZIONI LOCALIZZATE SU MURATURA	41
6.6.	STONACATURE	42
6.7.	STILATURA PROFONDA DEI GIUNTI	42
6.8.	CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE TRAMITE INIEZIONI.....	43
6.9.	APPLICAZIONE DI INTONACO DEUMIDIFICANTE	45
6.10.	RISARCITURA DELLE LESIONI E DELLE DISCONTINUITÀ A PARETE	46
6.10.1.	<i>Generalità.....</i>	47
6.10.2.	<i>Prove di permeabilità.....</i>	47
6.10.3.	<i>Preparazione del supporto.....</i>	47
6.10.4.	<i>Esecuzione dei fori.....</i>	49
6.10.5.	<i>Iniezione della boiacca legante.....</i>	49
6.10.6.	<i>Coordinamento del restauratore responsabile deputato.....</i>	49
6.11.	RISARCITURE SULLA CUPOLA.....	50
6.11.1.	<i>Coordinamento del restauratore responsabile deputato.....</i>	50
6.12.	CHIUSURA STRUTTURALE DI VANI E NICCHIE SU MURATURA PORTANTE	50
6.13.	RIPRISTINO DELLA CONTINUITÀ MURARIA CON MATERIALE COMPOSITO.....	51
6.14.	NUOVI INCATENAMENTI.....	51
6.14.1.	<i>Tiranti in acciaio con capochiave alle estremità</i>	52
6.14.2.	<i>Incatenamenti con piatti inghisati a parete.....</i>	53
6.15.	STRUTTURE IN ACCIAIO	53
6.16.	CERCHIATURA SUPERIORE DELLA CHIESA (DUE LIVELLI).....	59
6.17.	RINFORZO DELLA CUPOLA DA ESTRADOSSO	59
6.18.	CONSOLIDAMENTI CON FIBRA DI VETRO.....	60
7.	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE ALTRE OPERE NECESSARIE	61
7.1.	GENERALITÀ	61
7.2.	RIMOZIONE E RIMONTAGGIO DI COPERTURE.....	61

7.3.	RIMOZIONE DI DISCENDENTI E GRONDE.....	64
7.4.	INTONACI E RASATURE.....	64
7.5.	TINTEGGIATURE.....	65
7.5.1.	<i>Idropitture</i>	65
7.6.	TRATTAMENTI CON BIOCIDA SUL TAMBURO DELLA CUPOLA (PARTE NORD)	66
7.7.	MANTI DI COPERTURA	66
7.8.	IMPERMEABILIZZAZIONI.....	67
7.9.	RACCOLTA, DRENAGGIO E SCARICO DI ACQUE PIOVANE.....	68
7.10.	TRATTAMENTI LIGNEI SU PALOMBELLI E AGGETTI IN COPERTURA.....	68

1. PREMESSA

Il presente disciplinare descrittivo prestazionale degli elementi tecnici si riferisce alle attività inerenti all'intervento di miglioramento sismico - così come definito nelle NTC 2018 e nella normativa regionale applicabile - di consolidamento strutturale della Chiesa di Santa Chiara a Sezze (LT).

L'ubicazione della Chiesa nel comune di Sezze è mostrata appresso.



Figura 1. L'ubicazione dell'area della Chiesa all'interno del comune di Sezze.

2. INTERVENTI STRUTTURALI: ESECUZIONE E COLLAUDO

2.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Le costruzioni esistenti devono avere i livelli di sicurezza definiti dai principi normativi fondamentali riportati nelle NTC 2018 dove sono descritti i criteri di intervento e i risultati da perseguire.

Per gli edifici appartenenti al patrimonio storico, artistico e culturale di interesse nazionale, le circolari del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, specie le "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni", restano comunque da seguire nella definizione puntuale e specifica della filosofia degli interventi e degli obiettivi da perseguire.

In questi casi e ogni qualvolta ricorrano particolari complessità a livello di acquisizione dati e di processo conoscitivo, come appunto nei casi di edifici storico-monumentali ed artistici di grande significatività e complessità, la valutazione della sicurezza deve essere fondata anche su una accurata anamnesi storica della costruzione e su processi logico-deduttivi opportuni. Per le strutture per le quali non sia reperibile il progetto esecutivo dell'opera, la relazione di calcolo, i disegni costruttivi ovvero le indagini originali sui materiali e sui terreni di sedime (e, in generale, come nel caso specifico, quando sia necessario un più approfondito grado di conoscenza dell'opera), si dovrà impostare una campagna di accertamenti in situ possibilmente mediante prove non distruttive ed indagini che non alterino il comportamento dei terreni di fondazione. Si rimanda, per ogni approfondimento relativo alle indagini eseguite nel recente passato per la definizione della progettazione in oggetto, ai documenti del progetto in oggetto.

2.2. NOTE SULLE LAVORAZIONI

2.2.1. Rilievo dello stato di fatto

1.

Il rilievo sul quale si basa la progettazione in oggetto è quello del geom. Emiliano Esposto, datato 09/01/2026, successivamente integrato ed aggiornato con una specifica campagna di sopralluoghi sul posto.

2.

Prima di procedere ai lavori di consolidamento e restauro strutturale, l'Appaltatore dovrà verificare la coincidenza dei disegni con la realtà effettiva del cantiere comunicando tempestivamente alla Direzione Lavori qualunque incongruenza rilevata al fine di ricevere istruzioni sui lavori da fare.

3.

Nel caso in cui, durante la stessa esecuzione dei lavori, si rilevassero differenze sostanziali tra il rilievo e quanto esistente in cantiere, l'Appaltatore dovrà prontamente segnalare tali differenze alla Direzione Lavori e attendere istruzioni specifiche in merito.

4.

Il rilievo del quadro fessurativo, di danno e di degrado è stato costantemente aggiornato ma rimane suscettibile di cambiamenti locali che possono avvenire nel tempo per diverse ragioni. Il quadro fessurativo, di danno e di degrado presentato dagli elementi in oggetto al momento dei lavori dovrà essere ovviamente sanato per intero (incluse le risultanze non mostrate nei disegni di progetto) applicando, di caso in caso, di concerto con la Direzione Lavori, i particolari più appropriati.

5.

Prima della definitiva omologazione degli elementi strutturali esistenti per i quali non sono previste demolizioni, rimozioni, sostituzioni o rinforzi, l'Appaltatore dovrà procedere ad una attenta verifica puntuale degli stessi analizzandone adeguatamente lo stato di conservazione e procedendo a notificare ogni situazione di dubbio o di pericolo alla Direzione Lavori che istruirà sugli eventuali opportuni interventi da eseguire.

2.2.2. *Note generali*

1.

Per assicurare come necessario la stabilità durante la costruzione, l'Appaltatore dovrà fornire ed installare supporti e puntellamenti temporanei della struttura e dei singoli elementi strutturali, i quali dovranno rimanere in posizione fino a che tutti i componenti non siano stati installati, tutte le connessioni fatte, i getti maturati e sussistano, ovunque puntualmente, condizioni di sicurezza garantite.

2.

I particolari intitolati o indicati come tipici dovranno essere utilizzati non solo dove sia specificatamente indicato o richiesto ma anche, su indicazione esplicita della Direzione Lavori, in tutti quegli altri casi dove la natura della costruzione e/o dell'intervento richiedano il loro uso.

3.

Salvo quanto espressamente indicato, le lavorazioni non indicano eventuali necessarie finiture, risistemazioni o altre lavorazioni di natura architettonica, estetica, di restauro o impiantistica.

4.

A conclusione di ogni intervento sarà cura e onere dell'Appaltatore ripristinare la finitura in superficie a perfetta regola d'arte e in accordo alla finitura adiacente esistente o come indicato dalla Direzione Lavori. Resta inteso che le superfici interne inferiori non verranno interessate da lavori di finitura (rasature, tinteggiature, ripristino di elementi decorativi o di pregio, ecc).

2.2.3. *Demolizioni, rimozioni ed esecuzione di fori*

1.

Tutte le eventuali demolizioni e tutte le lavorazioni strutturali previste nel progetto dovranno essere anticipate dall'esecuzione dei necessari interventi di sicurezza richiesti, inclusi banchinaggi, contrasti, sbadacchiature, puntellature e simili. L'Appaltatore dovrà inoltre fare riferimento, ove indicato, alle fasi esecutive, alle note sulle demolizioni e sulle lavorazioni specifiche relative ai singoli interventi.

2.

Tutte le lavorazioni che includono tagli, scarificazioni, esecuzione di perfori, pulizie o simili dovranno essere effettuate con la massima cautela, minimizzando le vibrazioni e le pressioni indotte sulle strutture esistenti. Le perforazioni saranno eseguite in più fasi, durante l'intero processo di lavorazione nell'area di lavoro, facendo attenzione che non siano prodotti nella stessa fase più del 25% circa del numero totale di perforazioni previste complessivamente nell'unità di superficie. Non dovranno essere mai utilizzate punte a percussione o roto-percussione. Operare solo con strumenti a rotazione, carotieri e microcarotieri.

3.

Non dovranno essere permessi fori o intagli nell'acciaio strutturale costituente elementi esistenti (ritenuti, ad esempio, necessari per la posa di tubazioni, canali, condotti, ecc.) senza l'approvazione della Direzione Lavori. I fori dei bulloni non dovranno essere eseguiti o allargati con taglio a fiamma in cantiere.

4.

A conclusione di ogni intervento di demolizione, foratura, smontaggio o rimozione sarà cura e onere dell'Appaltatore provvedere al trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta e ripristinare la finitura in superficie a perfetta regola d'arte e in accordo alla finitura adiacente esistente o come indicato dalla Direzione Lavori. Resta inteso che le superfici interne inferiori non verranno interessate da lavori di finitura (rasature, tinteggiature, ripristino di elementi decorativi o di pregio, ecc).

2.2.4. *Carpenterie metalliche*

1.

Le misure di tutti gli elementi in carpenteria metallica (quali, a titolo di esempio, profili, piastre, bulloni, barre filettate, ecc.) dovranno essere preventivamente verificate in cantiere. Solo a valle di tali rilievi potranno essere ordinati gli elementi strutturali necessari ai lavori previsti.

2.

Salvo esplicitamente indicato il contrario, tutto l'acciaio strutturale utilizzato dovrà essere zincato a caldo per immersione in accordo alla UNI EN ISO 1461:2009, "Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova", alla UNI EN ISO 14713-2:2010, "Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e materiali ferrosi - Parte 2: rivestimenti di zincatura per immersione a caldo" ed alle eventuali versioni successive vigenti di tali standard.

3.

Salvo diversamente indicato, tutti i bulloni dovranno essere fabbricati con acciaio conforme alla UNI 3740 e successive applicabili. Salvo diversamente indicato, il materiale delle barre filettate strutturali in prossimità di piastrame, capochiavi, ancoraggi, ecc. non dovrà essere inferiore al grado 10.9.

4.

Salvo diversamente indicato, i fissaggi di collegamento dovranno essere rispondenti alla UNI 5712 e successive.

5.

Tutte le saldature dovranno essere eseguite in officina da saldatori qualificati e certificati in accordo alle UNI vigenti esistenti. È proibita la giunzione in cantiere di elementi in acciaio strutturale ad eccezione di come è dettagliato sui disegni e/o approvato nella specifica sottomissione.

6.

Se non diversamente indicato, tutte le saldature dovranno essere di classe I a completa penetrazione o di classe I effettuate a cordone continuo. La dimensione minima delle saldature a cordone dovrà essere pari a 7/10 dello spessore minore delle piastre da saldare.

2.3. PRESCRIZIONI PER LA ZONA SISMICA

Per gli aspetti legati all'appartenenza della costruzione in zona sismica valgono le prescrizioni di cui alle NTC 2018 ed alla relativa circolare applicativa.

2.4. COLLAUDO STATICO

Il collaudo statico è una parte del collaudo generale tecnico amministrativo dell'opera e riguarda il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante. Il collaudo statico di tutte le opere di ingegneria civile regolamentate dalle richiamate norme tecniche deve comprendere i seguenti adempimenti:

- controllo del corretto adempimento delle prescrizioni formali di cui agli articoli 58 e 65 del D.P.R. 6.6.2001 n. 380;
- controllo degli adempimenti specifici per le opere eseguite con materiali diversi da quelli regolamentati dal D.P.R. 6.6.2001 n. 380;
- ispezione dell'opera nelle varie fasi costruttive degli elementi strutturali e dell'opera nel suo complesso, con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti;
- NTC 2018, capitoli relativi all'accettazione in cantiere dei materiali.

L'ispezione dell'opera verrà eseguita con processo ricognitivo alla presenza del Direttore dei Lavori e del Costruttore, confrontando in contraddittorio il progettato con il costruito.

Il Collaudatore statico controllerà altresì che siano state messe in atto le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti i controlli sperimentali. Quando la costruzione è eseguita in procedura di garanzia di qualità, il Collaudatore deve validare i documenti di controllo qualità ed il registro delle non-conformità. Per nessuna opera il collaudo statico potrà proseguire o concludersi qualora esistano non-conformità irrisolte:

- controllo delle certificazioni e dei documenti di accettazione dei materiali e dei prodotti;
- esame del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite nelle fasi di progettazione e costruzione e delle eventuali prove di carico sul terreno e sui pali, se e come prescritte nel presente testo;
- controllo dei verbali e dei risultati delle eventuali prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei Lavori su componenti strutturali o sull'opera.

Il Collaudatore, nell'ambito delle sue responsabilità, dovrà inoltre esaminare il progetto dell'opera e la verifica numerica (calcoli statici) della sicurezza dell'opera come costruita, dare giudizio dell'impostazione generale della progettazione strutturale, degli schemi di calcolo, delle azioni considerate e della valutazione della sicurezza in essi contenuti, recepire e dare parere sulla relazione a strutture ultimate del Direttore dei Lavori, esaminare e recepire il piano di manutenzione dell'opera collaudata fornita dalla Direzione dei Lavori, con riferimento alla vita utile dell'opera ed a quella delle sue parti strutturali.

Inoltre, nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore potrà richiedere di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:

- prove di carico;
- prove sui materiali messi in opera, anche mediante prove non distruttive, nel caso delle strutture di conglomerato cementizio armato il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera va effettuato come specificato nelle NTC 2018 e nella relativa circolare applicativa;
- monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera, da proseguire anche dopo il collaudo della stessa.

Il collaudo statico, tranne casi particolari, va eseguito in corso d'opera quando vengono posti in opera elementi strutturali non più ispezionabili, controllabili e collaudabili, a seguito del proseguire della costruzione.

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, non potranno avere luogo prima che la struttura o il componente strutturale da provare, abbia la configurazione di funzionamento finale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.), deve essere sottoposto al Direttore dei Lavori ed al Progettista e reso noto al Costruttore per accettazione.

Nel caso di mancata accettazione da parte del Progettista e/o del Costruttore, il Collaudatore, con relazione motivata, potrà chiederne l'esecuzione al Direttore dei Lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.

Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro attuazione, è responsabile il Direttore dei Lavori.

Le azioni di prova devono raggiungere i valori massimi di progetto ovvero quelle che provocano il massimo cimento statico previsto nelle calcolazioni di progetto. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.

Il giudizio sull'esito della prova è completa responsabilità del Collaudatore.

L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;
- nel corso della prova non si siano prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- la deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive accertino che la struttura tenda ad un comportamento elastico;

– la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio.

Il Collaudatore dovrà a priori stabilire una congrua numerosità statistica di prove ovvero il numero di cicli di prova a seconda del componente strutturale o dell'opera da collaudare. Nel caso che l'opera preveda diversi componenti strutturali, le prove dovranno essere ripetute per ogni tipologia di componente.

Le prove statiche possono essere integrate da prove dinamiche che giudicano il comportamento dell'opera attraverso la risposta dinamica della struttura. In questo caso, il periodo di vibrazione fondamentale deve risultare non maggiore di quello calcolato. La validità delle prove dinamiche diventa significativa quando possono essere confrontati con prove statiche standard.

2.5. RESPONSABILITÀ DELL'APPALTATORE

Prima delle lavorazioni e durante gli stessi lavori, sarà cura, onere e responsabilità dell'Appaltatore, tra l'altro, provvedere a quanto specificato nel seguito:

- **reperire tutti i dati necessari alla definizione particolareggiata, puntuale ed esecutiva (di cantiere) di tutti gli interventi**, siano essi di consolidamento o di restauro strutturale;
- **verificare preliminarmente (rispetto alle lavorazioni) la rispondenza del costruito esistente con quanto mostrato negli elaborati progettuali grafici pertinenti** e attendere istruzioni dalla Direzione Lavori in tutti i casi in cui si riscontrino divergenze;
- **provvedere alla realizzazione di tutte le strutture temporanee stabilizzanti, di supporto, di sostegno, di stabilizzazione, di lavoro (ponteggi, puntelli, sistemi di puntellature, centine, centinature, contrafforti, ecc.),** sulla base delle effettive richieste di cantiere e sulla scorta delle azioni di calcolo effettive e/o di progetto;
- **provvedere alla realizzazione di tutti gli interventi previsti, in accordo alla progettazione**, in maniera precisa ed esaustiva e, nei limiti contrattuali e legislativi, come istruito dalla Direzione Lavori, dalla Proprietà e/o dalle istituzioni responsabili della tutela del bene in oggetto.

2.6. FILOSOFIA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI PREVISTI IN PROGETTO

L'approccio degli interventi, dal punto di vista delle strutture, si basa sui principi di massi-ma cura e di massimo rispetto per l'esistente, seguendo, ove possibile, il criterio del minimo intervento e, soprattutto, della reversibilità.

Si è seguita la strada della conoscenza la più approfondita possibile del quadro di salute del manufatto (anamnesi) così come tramandato nei secoli passati, focalizzando l'attenzione sia sulle vicende che lo hanno caratterizzato sia sui segnali del tempo che sono rilevabili dall'attenta analisi del quadro fessurativo che ogni struttura porta su di sé in maniera più o meno accentuata. Si è quindi passati alla fase successiva, quella della diagnosi: le informazioni raccolte fra quelle già disponibili e quelle recentemente ottenute hanno permesso di far luce sull'effettivo stato di salute del manufatto sia dal punto di vista dei suoi elementi singoli che del comportamento d'insieme (ovvero dell'impalcato nel suo complesso). Si è, infine, affrontata la successiva e finale fase della terapia: individuare e studiare le cause delle insufficienze strutturali, occorre porvi rimedio con interventi mirati alla risoluzione delle relative patologie.

La restituzione di una struttura sicura e caratterizzata da un migliore comportamento strutturale in campo statico e sismico rappresenta, di fatto, il principale obiettivo progettuale da raggiungere.

2.7. CENNI SUGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

Tutti gli interventi previsti sono stati implementati:

- ai fini delle indispensabili riparazioni;
- per la sicurezza statica della Chiesa;
- per il miglioramento sismico della fabbrica della stessa;
- ai fini del miglioramento del comportamento strutturale del fabbricato nel suo insieme;

- per un maggior decoro degli spazi e del bene nella sua interezza.

Gli interventi strutturali maggiormente significativi, nello specifico, sono appresso listati:

- consolidamento delle murature;
- risarcitura delle murature lesionate;
- ripristino della continuità muraria su vuoti e nicchie;
- ripristino della continuità con barre e tessuti in materiale composito;
- incatenamenti locali delle propaggini Sud;
- incatenamento sommitale della Chiesa;
- confinamento dell'architrave murario adiacente al coro;
- rinforzo degli archi strutturali in muratura;
- anelli calandrati a rinforzo degli oculi lesionati;
- cerchiatura superiore (due livelli);
- rinforzo della cupola (con smontaggio e rimontaggio dell'attuale copertura della cupola).

Gli interventi architettonici maggiormente significativi, nello specifico, sono appresso listati:

- nuovi intonaci;
- rasatura di finitura per i nuovi intonaci;
- tinteggiatura con idropittura;
- trattamento biocida sul tamburo della cupola (parte Nord);
- protettivo idrorepellente;
- smontaggio e rimontaggio dell'attuale copertura della cupola;
- smontaggio (propedeutico all'installazione dei ponteggi) e rimontaggio delle coperture degli ambienti Sud;
- revisione di manti e impermeabilizzazioni;
- revisione del sistema di gronde e discendenti;
- trattamenti lignei su palombelli e aggetti in copertura.

3. GENERALITÀ SUI MATERIALI UTILIZZATI

I materiali (e gli accorgimenti tecnologici) utilizzati per gli interventi di nuova formazione e di consolidamento sono pienamente compatibili con i materiali in opera, caratterizzati da minima invasività, minimo ingombro e, per quanto possibile, in grado di favorire l'eventuale possibile rimozione degli interventi stessi (reversibilità).

Tutti gli interventi prevedono l'utilizzo di appropriati materiali selezionati, di alta qualità ma di facile reperibilità sul mercato (tra cui acciaio, materiali FRP e malte non reagenti) e sono stati studiati per ridurre i costi di costruzione, le modifiche all'impianto strutturale esistente e, soprattutto, gli eventuali tempi di interruzione delle attività. Tutti i materiali usati danno ampie garanzie in termini di performance ma anche di durabilità, come comprovato dall'esperienza dei progettisti.

L'Appaltatore potrà rifornirsi dei materiali occorrenti per la realizzazione dei lavori nella località che riterrà di sua convenienza purché a insindacabile giudizio della Direzione Lavori e degli organi di controllo preposti alla tutela del patrimonio artistico e monumentale, siano riconosciuti della migliore qualità e compatibili con i materiali preesistenti nei manufatti da restaurare.

L'Appaltatore sarà pertanto obbligato, in qualsiasi momento, a eseguire o a fare eseguire, presso gli stabilimenti di produzione o presso laboratori e istituti autorizzati, tutte le prove indicate nelle prescrizioni progettuali sui materiali esistenti, su quelli impiegati o da impiegarsi (sia per quelli preconfezionati o confezionati nel corso dei lavori o preesistenti) ed, in genere, su tutte le forniture previste dall'appalto.

I materiali non accettati dalla Direzione Lavori, in quanto non riconosciuti idonei, dovranno essere rimossi immediatamente dal cantiere a cura e a spese dell'Appaltatore e sostituiti con altri rispondenti ai requisiti richiesti.

Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme vigenti, verrà effettuato e verbalizzato in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore. L'Appaltatore resta comunque responsabile per quanto concerne la qualità dei materiali forniti, i quali, anche se ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, dovranno essere sottoposti a collaudo dall'Amministrazione.

I materiali strutturali marginali di cui non si fornisce notizia dovranno essere sempre e comunque conformi a quanto istruito dalle seguenti norme (e dalle UNI applicabili):

- NTC 2018;
- circolare applicativa delle NTC 2018.

L'uso dell'acciaio è stato preso in considerazione soprattutto per quegli interventi per i quali risultano fondamentali la rigidità, la possibilità di assemblaggio in opera e la capacità di resistere a trazione. Le nuove carpenterie metalliche saranno realizzate con acciai di uso generale laminati a caldo, protetti dall'ossidazione mediante zincatura a caldo, rispondente alle norme vigenti.

4. QUALITÀ DEI SINGOLI MATERIALI E COMPONENTI

4.1. MATERIALI IN GENERE

Quale regola generale si intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materiali e tecnologie tradizionali e/o artigianali, per la costruzione delle opere, proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di seguito indicate.

Nel caso di prodotti industriali la rispondenza alle specifiche contrattuali può risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

4.2. ELEMENTI DI LATERIZIO

Gli elementi resistenti artificiali da impiegare (elementi in laterizio) possono essere costituiti di laterizio normale o laterizio alleggerito in pasta.

Se impiegati nella costruzione di murature portanti, devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771-2005 e alle prescrizioni contenute nel capitolo 11 delle NTC 2018 e nell'annessa circolare applicativa. In particolare, devono recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità ivi indicato. Nel caso di murature non portanti le suddette prescrizioni possono costituire utile riferimento.

Le eventuali prove su detti elementi saranno condotte secondo le prescrizioni di cui alla norma UNI 772 "Metodi di prova per elementi di muratura". Il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate norme armonizzate. Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.

Muratura per reintegri: utilizzare blocchi in mattoni pieni a marcatura CE in accordo alle NTC 2018:

- categoria II (Sistema di Attestazione della Conformità 2+);
- tensione caratteristica a compressione del mattone pieno (min): 30 MPa.

Per i reintegri, in alternativa, utilizzare muratura compatibile e/o equivalente alla esistente.

4.3. MALTE PER MURATURE IN GENERE

Le malte per muratura devono rispondere ai requisiti fissati al capitolo 11 delle NTC 2018.

La malta da muratura deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere dotata di attestato di conformità all'annesso ZA della norma UNI EN 998-2:2004 (Marcatura CE).

Il fabbricante di malta dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto Z.A.1 a) dell'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea UNI EN 998-2/04.

Il sistema di attestazione della conformità delle malte, ai sensi del D.P.R. n. 246/93 regolamento di attuazione della direttiva 83/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione è indicato nella seguente tabella:

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
UNI EN 998-2	usi strutturali	2+
-	uso non strutturale	4

Figura 2. Sistema di attestazione della conformità delle malte.

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera 3, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/93.

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calce aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (r.d. 16 novembre 1939, n. 2231, L. 595/65, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 31 agosto 1972, D.M. 13 settembre 1993 e s.m.i.).

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione. La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza espressa in N/mm² secondo la seguente tabella. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza inferiore a 1 N/mm².

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm ²	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	d*
* d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm ² dichiarata dal produttore.						

Figura 3. Classificazione delle malte rispetto alla resistenza a compressione.

L'impiego di malte premiscelate e premiscelate pronte è consentito, purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella UNI EN 1015-11/2007 e nel capitolo 11 delle NTC 2018.

I tipi di malta e le loro classi sono definiti in rapporto alla composizione in volume; malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori di cui al D.M. 20 novembre 1987, n. 103.

Utilizzare, **per i reintegri murari, una malta a marcatura CE in accordo alle NTC 2018 tipo M15.**

4.4. MALTA FINE DI CALCE E POZZOLANA FIBRORINFORZATA

1. La malta fine di calce e pozzolana fibrorinforzata dovrà essere utilizzata laddove indicato in progetto.

2. Si potranno utilizzare malte fibrorinforzate esenti da cementi, a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (o calce naturale eminentemente idraulica NHL 5) caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es. pozzolana, metacaolino, cocciopesto ecc.), sabbie silicee naturali (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta d'additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) ed espansivi minerali (così da controllare il ritiro igrometrico). Le malte (rapporto legante-inerte 1:3) ed i betoncini (rapporto legante-inerte 1:4) a ritiro compensato da utilizzare dovranno, in ogni caso, presentare le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione a 28 giorni > 15 N/mm² (salvo diversamente indicato);
- modulo elastico a 28 giorni < 15000 N/mm²;
- espansione contrastata a 7 giorni > 300 mm/m;
- coefficiente di permeabilità al vapore < 150 μ.

3. L'utilizzo della calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà la capacità di traspirazione delle pareti.

4.5. MALTA PER INIEZIONI E RISARCITURE

Le caratteristiche sono indicate nella figura seguente.

1. Malta per iniezioni e risarciture (murature in genere) Legante idraulico fillerizzato esente da cemento per il consolidamento, mediante iniezione, di strutture in pietra, mattoni e tufo, resistente ai solfati, a base di materiali inorganici a reazione pozzolanica, additivi e cariche ultrafini: - Resistenza cubica caratteristica a 28 gg (min): 15 MPa
2. Malta per iniezioni e risarciture (solo per murature affrescate e/o stuccate e/o con elementi di pregio da salvaguardare) Legante idraulico fillerizzato esente da cemento per il consolidamento, mediante iniezione, di strutture in pietra, mattoni e tufo, resistente ai solfati, a base di materiali inorganici a reazione pozzolanica, additivi e cariche ultrafini, approvata per l'uso in presenza di affreschi e/o finiture di pregio dall'ISCR (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro): - Resistenza cubica caratteristica a 28 gg (min): 10 MPa

Figura 4. Malta per iniezioni e risarciture.

1. Sono malte caratterizzate da un basso contenuto di sali solubili (solfati, cloruri, nitriti/nitrati, Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ , K^+) inferiore a 10ppm dichiarati in scheda tecnica per evitare qualsiasi rischi di aggressione alla muratura esistente e, in particolare, al gesso. Il prodotto, provvisto di marcatura, deve rispondere ai requisiti minimi prestazionali richiesti dalla Norma UNI EN 998-2.

2. Dovranno in generale presentare le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- resistenza a compressione a 28 giorni: > 15 Mpa (salvo diversamente indicato);
- resistenza a flessione-trazione a 28 giorni: > 3.5 MPa;
- modulo elastico a 28 giorni: circa 150000 kg/cmq;
- ottima resistenza all'usura e ai carichi dinamici in generale;
- assenza di ritiro in fase plastica (UNI 8996);
- assenza di bleeding (UNI 8998);
- elevata impermeabilità all'acqua e alle soluzioni acquose aggressive;
- resistenza ai cicli di gelo e disgelo, anche alla presenza di sali disgelanti;
- resistenza all'attacco di agenti chimici quali cloruri, solfati, anidride carbonica.

3. Specifiche sulla miscela. La boiaccia dovrà essere sottomessa per approvazione alla Direzione Lavori. Potrà essere utilizzato un legante idraulico fillerizzato superfluido, a reazione pozzolanica, resistente ai solfati, compatibile con la muratura da consolidare, avente una resistenza meccanica a compressione R_c a 28 giorni pari o superiore a 15MPa e un tempo di presa pari a circa 14 ore a 23°C (e comunque compatibile con la lavorazione). Per le murature affrescate e/o stuccate e/o con elementi di pregio da salvaguardare, utilizzare un legante idraulico fillerizzato esente da cemento per il consolidamento, mediante iniezione di strutture in pietra, mattoni e tufo, resistente ai solfati, a base di materiali inorganici a reazione pozzolanica, additivi e cariche ultrafini specifico per l'uso in oggetto.

Previa approvazione della Direzione Lavori, la boiaccia utilizzata potrà essere composta, in generale, da una miscela di sola calce idraulica NHL 3,5 o NHL-Z 3,5 (esente da sali solubili, con l'85% dei granuli di dimensione < a 25 μ , calore d'idratazione unitario < di 135 KJ/kg) ed acqua in rapporto variabile da 0,8 a 1,2.

Dal momento che, in genere, in una miscela di questo tipo si otterrà la fluidità necessaria per un'efficace iniezione con rapporto legante-acqua superiore ad 1, al fine di evitare eventuali fenomeni di segregazione sarà consigliabile aggiungere alla boiaccia additivi fluidificanti (in misura dell'1-2% rispetto al peso del legante) ed agenti espansivi antiritiro (ad es. polvere di alluminio da 0,2% a 0,3% del totale in peso) al fine di controllare anche gli eventuali fenomeni naturali di ritiro di assestamento in fase plastica (ovverosia nelle prime ore che seguiranno la messa in opera) e di ritiro igrometrico (ritiro che si manifesterà nel materiale indurito - dopo circa 28 giorni - e si protrarrà per periodi molto lunghi - di norma sarà ritenuto completato dopo circa 2 anni dalla messa in opera).

In alternativa, potrà essere utilizzata una miscela binaria (da utilizzare in presenza di vere e proprie cavità, specie nei muri a sacco) composta da calce idraulica naturale NHL 2 (o da una calce idraulica pozzolanica ottenuta miscelando calce idrata cotta a bassa temperatura e completamente idrata, con metacaolino anch'esso cotto a bassa temperatura; la calce idrata potrà essere sostituita anche da grassello di calce stagionato minimo 24 mesi), sabbia ed acqua (rapporto legante-acqua 1:3 fino ad 1:5 nel caso di iniezioni per gravità) con l'aggiunta di gluconato di sodio (con funzione fluidificante) e polvere di alluminio (come agente espansivo). La sabbia dovrà essere sempre di granulometria molto fine (< al 35-40% della minima larghezza delle fessure) e, preferibilmente, con granuli arrotondati; in alternativa potrà essere impiegato carbonato di calcio scelto e micronizzato o perlite superventilata (se si ricercherà una boiaccia a basso peso specifico) od ancora, metacaolino ad alta reattività pozzolanica (o polvere di cocchiopesto vagliata e lavata) per migliorare le proprietà idrauliche della boiaccia (nel caso di utilizzo di grassello di calce o calce idrata, la carica con caolino, cocchiopesto o pozzolana sarà obbligatoria al fine di rendere idraulico il composto); in ogni caso l'inerte sarà il 10% rispetto al peso del legante.

La boiaccia, sia se verrà preparata in cantiere, sia se sarà utilizzato un prodotto premiscelato, dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- sufficiente fluidità al fine di penetrare profondamente (svuotamento del cono di Marsh di un litro di miscela in meno di 30 secondi);
- assenza di segregazione e di acqua essudata (blending); la separazione dell'acqua dalla boiaccia determinerebbe, in seguito alla successiva evaporazione, la presenza di vuoti all'interno della massa del nucleo;
- tempo di presa compatibile con quello della lavorazione;
- alto scorrimento;
- sviluppo calore in fase di presa temperatura massima entro i +30°C;
- dilatazione termica compatibile con quella della muratura originale;
- resistenza caratteristica a rottura per compressione uguale o superiore a 15 N/mm² dopo 28 giorni, salvo diversamente indicato;
- peso specifico modesto, inferiore a 1,8 kg/l;
- resistenza ai sali comunemente presenti nella muratura (solfati, ammine);
- modulo elastico allo stato secco comparabile con quello della muratura (3000-6000 N/mm²);
- non presentare fenomeni di ritiro che ridurrebbero l'efficacia del contatto.

4. Specifiche sui premiscelati. A base di calce idraulica naturale, priva di sali solubili, rafforzata con metacaolino purissimo ad alta reattività pozzolanica (od in alternativa con polvere di cocchiopesto), caricata con carbonato di calcio scelto e micronizzato (o perlite superventilata se si ricerca una malta a basso peso specifico), a cui andranno aggiunti additivi quali ritenitori d'acqua di origine naturale e superfluidificanti al fine di poter iniettare la miscela a bassa pressione. Se non diversamente specificato, l'acqua da utilizzare nell'impasto dovrà essere demineralizzata. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto, possibilmente demineralizzata, e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,4 kg/dm³, lavorabilità 2 h; bleeding trascurabile; aderenza minima 1,4 N/mm²; inizio presa a +20°C; 18 h; fine presa a +20°C; 72 h; resistenza a compressione a 28 giorni 15 N/mm²; resistenza a flessione a 28 giorni 3,5 N/mm²; modulo

elastico 11000 N/mm²; temperatura massima durante l'indurimento < 30°C; ritiro 0,7-1,2 mm; ritenzione acqua > 70%; permeabilità al vapore 9 μ.

5. Tutta la malta eventualmente utilizzata negli inghisaggi dovrà contenere o essere opportunamente integrata con additivo antiritiro.

4.6. MALTE ESPANSIVE

1. Sono malte speciali, impiegate esclusivamente sotto stretto controllo del dosaggio e del tipo di applicazione in rapporto all'uso e ai dati forniti dalla casa produttrice degli agenti espansivi. L'agente espansivo dovrà essere miscelato a secco con legante ed inerti se di tipo in polvere, o preventivamente in acqua se di tipo liquido. Particolare attenzione andrà posta all'interazione con altri additivi, nel qual caso sarà preferibile ricorrere ai prodotti di un'unica ditta.

2. Le malte espansive usate dovranno essere compatibili con i materiali già presenti in opera in cantiere e con quelli nuovi interessati dall'applicazione in oggetto.

3. L'additivo andrà sempre aggiunto a malte di una delle tipologie precedentemente elencate.

4.7. ADESIVI EPOSSIDICI

1. Prodotti termoindurenti (molecole tridimensionali); si otterranno dalla formazione di catene con due tipi di molecole con una gamma illimitata di variazioni possibili (questa caratteristica fa sì che non esista un solo tipo di resina epossidica, ma svariati formulati epossidici che cambieranno di volta in volta le proprie caratteristiche a seconda, sia del rapporto resina-indurente, sia degli eventuali additivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.); presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre sottoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato potere collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutto agli alcali), resistano molto bene all'acqua ed ai solventi organici. I maggiori pregi delle resine epossidiche risiederanno nelle loro elevate proprietà meccaniche (resistenze a compressione, a trazione, a flessione), nella perfetta adesione al supporto e nel ritiro molto limitato durante l'invecchiamento (meno di 1%); gli svantaggi sono riconducibili alla difficoltà di penetrazione (dovuta all'elevata viscosità), alla bassa resistenza al calore ed ai raggi ultravioletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).

Gli adesivi epossidici normalmente utilizzabili saranno liquidi con indurente a lenta o a rapida reattività (da utilizzare per consolidamenti o più spesso per intasamento delle fessure o per impernature) o in pasta, lavorabili con indurente a lenta o a rapida reattività (per stuccature, ponti di adesione, piccole ricostruzioni e fissaggio perni); in questo secondo caso si provvederà ad intervenire, in fase di formulazione, aggiungendo additivi tissotropizzanti. Di norma, questi adesivi saranno totalmente esenti da solventi, non subiranno ritiro durante l'indurimento e grazie alla loro natura tixotropica potranno essere facilmente applicabili anche su superfici verticali in consistenti spessori.

Orientativamente le caratteristiche richieste in relazione sia allo specifico utilizzo (formulati per iniezione, per impregnazione, per betoncini colabili, per incollaggi strutturali ecc.) sia al materiale (cemento armato, muratura, legno ecc.) dovranno essere le seguenti:

2. Ancoraggio di strutture (elementi) in acciaio su c.a. o muratura. Per ancoraggi di acciaio su c.a. o muratura, dovrà essere utilizzato un adesivo epossidico bicomponente fluido, privo di solventi, capace di garantire l'inghisaggio richiesto in funzione delle barre (perni, armature, piatti, zanche, ecc.) utilizzate, delle caratteristiche del foro e del materiale base (ovvero del tipo di c.a. o armatura costituenti il supporto).

4.8. ACCIAIO PER CARPENTERIA

I materiali devono essere nuovi ed esenti da difetti palesi ed occulti. In mancanza di una esplicita dichiarazione del produttore, per verificare che l'acciaio non sia effervescente deve essere effettuata la prova Bauman secondo UNI ISO 4968/83.

Zincatura

Salvo diversamente indicato, tutto l'acciaio da carpenteria dovrà essere zincato mediante zincatura (adeguata ai prodotti in acciaio) con trattamento di protezione contro la corrosione tramite immersione in vasche contenenti zinco fuso alla temperatura di circa 450°C previo decapaggio, lavaggio, ecc. e quanto altro necessario per ottenere un prodotto finito secondo norma UNI-E-10147.

Salvo diversamente indicato in maniera specifica, la zincatura dovrà essere pari a 80 μm.

Per le installazioni saldate, bullonate o di altro tipo operate in cantiere, la zincatura dovrà essere verificata con attenzione dalla D.L. che deciderà se e come ripristinarla localmente con operazioni di riparazione o ripristino da eseguire in situ. Anche tali necessarie operazioni sono responsabilità dell'Appaltatore.

Acciaio laminato per profilati, lamiere, larghi piatti e tubi

Devono essere impiegati acciai definiti nelle "Nuove norme tecniche per costruzioni", in particolare nel capitolo 11 delle NTC 2018.

Salvo indicazione contraria esplicita presente negli elaborati grafici o nella descrizione dei singoli interventi in acciaio per carpenteria, l'acciaio strutturale utilizzato dovrà essere di tipo S275.

In particolare, per le caratteristiche meccaniche, gli acciai devono rispondere ai requisiti seguenti:

Acciaio tipo S275 UNI EN 10025-1/05 e UNI EN10025-2/05

tensione di rottura a trazione: 430 N/mm²

tensione di snervamento: 275 N/mm²

resistenza al provino UNI KV a +20°: 27 J

allungamento percentuale rottura:

per le lamiere 23%

per i profilati 24%

I disegni relativi alle opere in acciaio conterranno tutte le indicazioni necessarie a definire le caratteristiche (geometria, sezioni, tipologia dei collegamenti, etc.) delle strutture da eseguire.

Acciai laminati per strutture saldate

Oltre a quanto già precisato, gli acciai impiegati devono avere una composizione chimica contenuta entro i limiti prescritti dal capitolo 11 delle NTC 2018.

Ulteriori requisiti degli acciai

Per spessori di 40 mm e per strutture impegnative è necessario che i laminati impiegati siano in possesso del seguente requisito: deve essere eseguito un controllo con ultrasuoni, secondo le Tabelle UNI EN 10160/01, estendendolo anche ai bordi. Per l'accettazione dei difetti, questi devono rientrare nelle classi 1, 2 o 3.

Bulloni

I bulloni per giunzioni a taglio e/o ad alta resistenza devono essere conformi a quanto prescritto nel capitolo 11 delle NTC 2018 e relativa circolare applicativa.

Vale, inoltre, quanto indicato negli elaborati grafici, in particolare dovranno essere utilizzati:

- bulloni ad alta resistenza classe 10.9 minimo;
- bulloni standard classe 5.6 minimo.

I fori dei bulloni non dovranno essere tagliati o allargati con taglio a fiamma in cantiere.

È proibita la giunzione bullonata in cantiere di elementi in acciaio strutturale ad eccezione di come è dettagliato sui disegni, permesso in questo stesso documento e specificatamente approvato sui disegni di cantiere prima della costruzione dalla Direzione Lavori.

In particolare, oltre a tutti i casi in cui fosse esplicitamente richiesto, **dovranno essere utilizzate barre di classe 10.9 in acciaio zincato, filettate alle estremità, per tutti gli interventi di consolidamento murario.**

Saldature

Dovranno essere conformi a quanto prescritto nelle NTC 2018 e nella relativa, pertinente circolare applicativa.

Vale, inoltre, quanto indicato negli elaborati grafici, in particolare:

- Saldature di classe I a completa penetrazione o saldature di classe I a cordone continuo (spessore ≥ 0.7 volte lo spessore minore degli elementi da collegare)

Figura 5. Caratteristiche delle saldature di progetto.

È proibita la giunzione saldata in cantiere di elementi in acciaio strutturale ad eccezione di come è dettagliato sui disegni, permesso in questo stesso documento e specificatamente approvato sui disegni di cantiere prima della costruzione dalla Direzione Lavori.

Tutte le saldature dovranno essere eseguite in officina da saldatori qualificati in accordo alle UNI pertinenti vigenti al momento della costruzione.

Dove risulti praticabile, qualunque saldatura in cantiere potrà essere cambiata con una saldatura in officina a parere dell'Appaltatore e sotto l'approvazione della Direzione Lavori.

Marcatura dei materiali

Tutti i prodotti di laminazione a piazze devono essere contraddistinti con idoneo elemento di marchiatura secondo il tipo di materiale e la destinazione dello stesso. Nelle officine e nei cantieri i luoghi di deposito dei materiali dei vari tipi devono essere separati.

4.9. ACCIAIO INOX

1. Qualora richiesto, in particolare negli interventi di consolidamento (come specificato meglio nella descrizione delle singole lavorazioni di consolidamento strutturale), l'acciaio da utilizzare dovrà essere acciaio INOX (stainless steel o, più impropriamente, con termine italiano, acciaio inossidabile). Gli acciai INOX sono leghe a base di ferro che uniscono alle proprietà meccaniche tipiche degli acciai caratteristiche peculiari di resistenza alla corrosione. Sono da prevedere forniture di barre, barre filettate, piatti, lamine ed accessori in acciaio INOX, del tipo specificato.

2. Qualora richiesto, l'acciaio INOX dovrà essere di tipo austenico, a struttura cubica a facce centrate, contenente Ni e Cr in percentuale tale da conservare la struttura austenica anche a temperatura ambiente. Viene classificato in base alla percentuale di Ni e di Cr; nella classificazione ASTM costituisce la serie 3XX.

Sarà utilizzata, in particolare, la serie AISI 316L.

Tutto l'acciaio utilizzato dovrà essere caratterizzato in maniera univoca in accordo alla nomenclatura indicata nella UNI EN 10088-2:2005, "Acciai inossidabili - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali".

3. Il materiale dovrà inoltre essere conforme a quanto indicato dalle NTC 2018 e dalla relativa pertinente circolare applicativa. Dovranno essere chiaramente indicate la sua composizione chimica, le sue caratteristiche meccaniche e dimensionali; la certificazione standard dell'acciaio dovrà includere marchio di identificazione, copia del certificato del laboratorio autorizzato, certificazione di collaudo interno ai sensi della UNI 10204 3.1B, attestazione certificata di conformità agli standard legislativi vigenti e approvazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (o altro ente/istituzione attualmente responsabile).

4. Tutto l'acciaio INOX, prima di essere utilizzato, deve essere approvato (tramite specifica sottomissione) dalla Direzione Lavori.

4.10. MATERIALI COMPOSITI (FRP)

1. I prodotti denominati FRP (acronimo di Fiber Reinforced Polymers) sono "sistemi compositi" fibrosi a matrice polimerica. Il materiale base sarà il rinforzo fibroso costituito da lunghe fibre, accostate le une alle altre ed impregnate in situ con una matrice a base di resine (epossidiche o poliestere bicomponenti a bassa viscosità) che polimerizzeranno a temperatura ambiente o industrialmente mediante il processo di pultrusione. La matrice polimerica avrà il compito di trasferire le sollecitazioni alle fibre di rinforzo, di proteggere la fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura, ed infine, di dare forma al composito.

Le fibre commercialmente prodotte per la realizzazione dei FRP potranno essere dei seguenti tipi:

- fibre di carbonio: presentano elevata resistenza e rigidità, modesta sensibilità alla fatica, eccellente resistenza all'umidità ed agli agenti chimici; per contro presentano un modesto valore di deformazione ultima, bassa resistenza agli urti e sono danneggiabili all'intaglio, in conseguenza di una limitata deformabilità in direzione trasversale. Le fibre di carbonio potranno essere classificate in: ad alta tenacità (HT con $E < 250$ GPa); alto modulo (HM con $E < 440$ GPa); ad altissimo modulo (UHM con $E > 440$ GPa);
- fibre in vetro: sono prodotte per estrusione, presenteranno un'elevata resistenza a trazione che però sarà accompagnata da una limitata resistenza ai carichi ciclici e da una forte sensibilità agli ambienti alcalini. I tipi di vetro comunemente utilizzati saranno il tipo E, il tipo S e quello ad alta resistenza chimica di tipo AR;
- fibre aramidiche: sono di natura polimerica; oltre che per la buona resistenza e rigidità sono caratterizzate da un'ottima resistenza agli agenti chimici. Una forte deperibilità delle caratteristiche meccaniche può essere causata dai raggi U.V. Le fibre aramidiche potranno essere classificate in alto modulo (HM) ed altissimo modulo (UHM);
- fibre polivinilalcol (PVA): estremamente leggere e con una maggiore deformabilità rispetto alle fibre in vetro, presenteranno al contempo una maggiore capacità di sopportazione alle deformazioni e una grande compatibilità con il cemento.

Le tipologie dei compositi FRP utilizzabili saranno rappresentate da: i tessuti, le lamine e le barre.

I tessuti (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione, a taglio e per il confinamento a compressione) potranno essere realizzati in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bi-direzionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o bi-assiali (fibre inclinate a $\pm 45^\circ$). Le larghezze delle strisce potranno variare da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra se non diversamente specificato (ad es., per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramide circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 300-600 g/m², fibre di carbonio bi-direzionali peseranno circa 230-360 g/m², mentre quelle bi-assiali circa 450-600 g/m²).

Le lamine (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione) rappresenteranno piattine pultruse in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) di spessore superiore a quello del tessuto (rapporto circa 1:8 o superiore) e variabile (per le fibre di carbonio) da 1,4 a 50 mm (così come la larghezza, variabile da 50 a 150 mm).

Le barre (utilizzabili nel rinforzo interno a flessione come tiranti o come armature) potranno essere realizzate in fibra di carbonio, di vetro o di aramide con diametro circolare (in particolare $\varnothing$ 5, 7, 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre pultruse potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiraleatura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici (quali, ad esempio, idrossidi alcalini, cloruri e solfati).

	CARBONIO	VETRO	ARAMIDE	POLIVINILALCOL
Resistenza a trazione	2500-4800 MPa	1800-3500 MPa	2800-3500 MPa	1400- MPa
Modulo Elastico (E)	200-600 GPa	70-85 GPa	80-140 GPa	29-30 GPa
Allungamento a rottura	1-2 %	3-4 %	2-3 %	6%
Densità	1,7-1,9 g/cm ³	2,5 g/cm ³	1,4 g/cm ³	1,3 g/cm ³

Figura 6. Caratteristiche meccaniche delle fibre (valori medi).

2. I prodotti sopra elencati verranno considerati al momento della fornitura; la D.L. ai fini della loro accettazione potrà procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate negli articoli specifici. In caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati saranno quelli indicati nelle norme UNI vigenti e in mancanza di queste ultime quelli indicati dalle norme estere o internazionali.

3. Salvo diversamente indicato negli elaborati grafici o nella descrizione dei singoli interventi in FRP, le fibre da utilizzare saranno, in particolare, le seguenti:

- **fibra aramidica e fibra di vetro:** come appresso specificate.

4. Tutte le lavorazioni che coinvolgono materiali compositi (FRP) dovranno essere operate da manodopera altamente specializzata e/o aziende che abbiano un'esperienza nella produzione e installazione di FRP di almeno cinque anni rispetto alla data delle lavorazioni in oggetto.

4.11.FIBRA ARAMIDICA

1. Si utilizza fibra aramidica per la riparazione ed il rinforzo localizzato di alcune porzioni murarie in corrispondenza di lesene, cornici e simili.
2. Si riportano appresso le caratteristiche di progetto della fibra aramidica implementata.

7.1

Primer

Primer per tessuti di rinforzo in fibra aramidica tipo G&P intech RESIN PRIMER o equivalente approvato e adeguata rasatura con resina tipo G&P intech RESIN 90 o equivalente approvata. In alternativa: adeguata resina per primer e rasatura tipo IPM o equivalente approvata.

7.2

Adesivo per l'incollaggio e l'impregnazione

Adeguata resina per tessuti di rinforzo in fibra aramidica tipo G&P intech RESIN 75 o equivalente approvata. In alternativa: adeguata resina per incollaggio e impregnazione tipo IPM o equivalente approvata.

7.3

Tessuti

A seconda dei casi:

- tessuto di rinforzo in fibra aramidica, unidirezionale, da 400 g/mq, tipo G&P intech serie A-SHEET 120/U da 400 g/mq o equivalente approvato. In alternativa: tessuto SACEN serie UNITEX UNIK344 o equivalente approvato;

- tessuto di rinforzo in fibra aramidica, multidirezionale, da 400 g/mq, tipo G&P intech serie A-SHEET 120/B da 400 g/mq o equivalente approvato. In alternativa: tessuto SACEN serie MULTITEX KQX400 o equivalente approvato.

7.4

Perni

Connettori sfioccati in fibra unidirezionale aramidica per il ripristino ed il rinforzo strutturale, tipo G&P intech serie AFIX o equivalenti approvati. Il connettore consente di realizzare un ancoraggio in fibra in opera costituito da un fascio di fibre lunghe unidirezionali, trattenute da una speciale calza che dà una forma cilindrica al sistema medesimo, sia prima sia dopo l'impregnazione delle fibre con idonea matrice. Il sistema consente di realizzare connettori di varia lunghezza e diametro in funzione delle necessità del rinforzo strutturale. Il cordone è reso rigido solamente dopo l'impregnazione e indurimento dell'adesivo. Il diametro nominale del connettore dovrà essere di 6 mm (il fiocco viene tagliato della lunghezza necessaria unitamente alla calza che lo avvolge), la lunghezza della parte rigida come specificata, la lunghezza delle sfiocature pari a circa 10 cm.

Figura 7. Caratteristiche della fibra aramidica di progetto.

4.12.FIBRA DI VETRO

1. Armatura con rete costituita da fibre di vetro apprettate resistenti agli alcali per il rinforzo strutturale di manufatti in pietra, mattoni e tufo, tale da conferire alla struttura rinforzata un'elevata duttilità e una ripartizione più uniforme delle sollecitazioni.

La rete dovrà essere posta in opera in abbinamento ad una malta adeguata con alta duttilità.

Il materiale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tipo di fibra: fibre di vetro apprettate resistenti agli alcali;
- grammatura (g/m²): non minore di 460 (salvo diversamente indicato) per l'armatura della cappetta di rinforzo posta ad estradosso della cupola della Chiesa;
- dimensione delle maglie (mm): circa 30 x 30 per le reti;
- resistenza caratteristica a trazione per flessione: non minore di 79.53 kN/m.

2. Le reti in fibra di vetro dovranno essere utilizzate per l'armatura della cappetta di rinforzo della cupola, la creazione di baggioli di appoggio armati (laddove indicate) e/o ogni qualvolta richiesta in progetto.

3. Tutte le volte in cui il progetto richiede l'utilizzo delle reti in oggetto in continuo - ovvero senza soluzione di continuità - su elementi con angolo, spigoli vivi, parti concave o convesse che non consentano la piegatura delle reti stesse (dotate di duttilità limitata), dovranno essere utilizzate apposite forniture speciali angolari, elementi commerciali ad hoc per piegature, angoli e spigoli, ecc. garantendo una sovrapposizione minima adeguata e, comunque, il ripristino della continuità strutturale delle maglie.

4.13. MATERIALI PER RISARCITURA DI LESIONI SU PIETRA NATURALE

1. Si utilizzano tali materiali per la risarcitura di lesioni più o meno ampie, passanti o meno, all'interno di elementi strutturali in pietra naturale.

2. Si riportano appresso le caratteristiche di progetto dei materiali utilizzati a tale scopo, in particolare:

- la risarcitura della frattura vera e propria;
- le iniezioni armate all'interno degli elementi;
- le stuccature.

5.1

Risarcitura della frattura

Resina epossidica bicomponente in cartuccia, iniettabile, esente da ritiro e ideale per uso esterno. La resina in oggetto dovrà essere adeguata alla risarcitura e alla riparazione di pietre naturali quali marmi e graniti. Utilizzare prodotto tipo TENAX COLLA EPOSSIDICA EPOXY GEL A+B CARTUCCIA o equivalente approvata.

5.2

Iniezioni armate

Barre in acciaio INOX AISI 304 filettate (perni) di diametro pari a 8 mm. Resina epossidica specifica per ancoraggi su pietra naturale anche umida tipo SIKa ANCHORFIX-3+ o equivalente approvata.

5.3

Stuccature

Finitura superficiale con mastice trasparente per incollaggio e stuccatura di marmi e pietre naturali tipo TENAX CRYSTAL LIQUIDO. Per la corretta colorazione esterna, utilizzare adeguate paste coloranti per poliestere oppure ossidi metallici, prima del catalizzatore (indurente liquido), da aggiungere in misura del 2-3%. In alternativa, su istruzione della Direzione Lavori, utilizzare frantumato di identiche pietre naturali rinvenute in cantiere, nelle adiacenze dell'elemento da consolidare.

Figura 8. Materiali per la risarcitura di lesioni su pietra naturale.

3. Tutte le lavorazioni che coinvolgono i suddetti materiali, specifici per la riparazione di elementi strutturali in pietra naturale, dovranno essere operate da manodopera altamente specializzata e/o aziende che abbiano un'esperienza nella produzione e installazione di tali prodotti di almeno cinque anni rispetto alla data delle lavorazioni in oggetto.

4.14. FUNI IN ACCIAIO ZINCATO

Funi in acciaio zincato tipo TECI S10ZN 22, classe 6x36 - IWRC, ISO 2408:

- resistenza fili: 1960 N/mm²;
- carico di rottura minimo: 36100 daN.

La fune deve essere posta all'interno di un tubo corrugato flessibile plastico di diametro 30 mm.

Le caratteristiche delle funi in acciaio zincato di progetto sono brevemente riassunte nella tabella di cui alla pagina successiva.

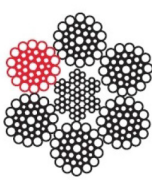
Formazione Construction	Ø Fune Ø Rope mm	Ø Filo Ø Wire mm	Peso fune per 100 m Weight of rope per 100 m kg	Carico di rottura minimo Min breaking force daN kgf		
Acciaio zincato - Classe 6x36 - IWRC ISO 2408 - Resistenza fili 1960 N/mm²			Galvanised steel - Class 6x36 - IWRC ISO 2408 - Wire strength 1960 N/mm²			
S10^{ZN} 216 fili / wires 6x36 WARRINGTON SEALE - IWRC Crociata destra Right regular lay Cod. 75.623		10	0.57	41.5	7460	7600
		12	0.69	59.7	10790	11000
		14	0.80	81.3	14670	14950
		16	0.91	106	19130	19500
		18	1.03	134	24280	24750
		20	1.14	166	29920	30500
		22	1.26	200	36100	36800
		24	1.37	239	42970	43800

Figura 9. Caratteristiche delle funi in acciaio zincato di progetto.

4.15. INTONACI E RASATURE

1. Le forniture dovranno comprendere tutto ciò che occorra ad eseguire, a perfetta regola d'arte, un intonaco pronto premiscelato, costituito da un primo strato di fondo e da uno strato di finitura, tirato in piano, applicato con le necessarie poste e guide, rifinito con uno strato di malta fine, lisciato con frattazzo metallico o alla pezza, eseguito su superfici piano o curve.

2. I prodotti di seguito elencati saranno valutati al momento della fornitura. La Direzione Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

3. Prodotti fluidi o in pasta

Impasti: intonaci, malte da stuccatura o da ripristino ovvero sia composti realizzati con malta costituita da un legante (grassello di calce, calce idrata, calce idraulica naturale, cemento, gesso) o da più leganti (malta bastarda composta da grassello di calce e calce idraulica naturale rapporto 2-3:1; calce idraulica naturale e cemento rapporto 2-1:1; grassello di calce e gesso; calce idraulica naturale e gesso) da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, coccio pesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, secondo le prescrizioni di progetto, da 1:3 a 1:1; la malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

Gli impasti sopra descritti dovranno possedere le caratteristiche indicate nel progetto e quantomeno le caratteristiche seguenti:

- presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con eventuali parti limitrofe (specialmente nel caso di rappezzo di intonaco). La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell'impasto (granulometria inerte, tipologia di legante, ecc.);
- avere una consistenza tale da favorire l'applicazione;
- aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di slump e legarsi opportunamente a questa durante la presa;
- essere sufficientemente resistente per far fronte all'erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;
- contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse);
- opporsi al passaggio dell'acqua, realizzando un rivestimento che non sia di sbarramento (completamente impermeabile) ma garantisca al supporto murario la necessaria traspirazione dall'interno all'esterno;
- presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.

Per ulteriori indicazioni inerenti la caratterizzazione e la composizione di una malta da utilizzare in operazioni di riparazione e/o restauro si rimanda a quanto enunciato nelle norme UNI 10924, 11088-89.

Per i prodotti forniti premiscelati la rispondenza alle norme UNI vigenti sarà sinonimo di conformità alle prescrizioni predette; per gli altri prodotti varranno i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione Lavori.

Leganti		Inerti						
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Sabbione	Sabbia grana fine	Pietra calcarea macinata gr. media	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pozzolana
	1		2					
2	1	5						
1					2			
0,5	0,5			2		1		
1								3
	3		1					2
3	1	4				4		
1			1				2	
0,5	0,5		1	1		1		
	1		2					1
2	1		1				4	
2	0,50		1		2			
1							1,5	
1	0,5	0,5		2	1	1		
0,5	0,5		2	1				
1	1		2	2				1
0,5	0,5				0,25			1
Sabbione asciutto (granulometria: 2 parti 1,5-5 mm+1 parte 0,5-1,2)								
Sabbia vagliata fine (granulometria 0,5 a 0,8 mm)								

Figura 10. Composizione indicativa in volume di malte a base di calce.

Legante			Inerte					
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Cemento bianco	Sabbione	Sabbia grana fine	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pietra calcarea macinata gr. media
	1	2	5					
	2	1	6					
1		0,10	2,5					
1		0,25		0,25			2	
0,25	1	0,25		2	1			
0,50		0,50			1	1		
1	0,50	0,50			4			
2		0,50			3			
2		0,50				4		
Legante			Inerte					
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Cemento bianco	Sabbione	Sabbia grana fine	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pietra calcarea macinata gr. media
0,50		0,50			1	1		1
0,50		0,50		1	1			1
	0,50	0,50			0,25	1		
	0,50	0,50		2				1
0,50	0,50	1	1			1		0,75

Figura 11. Composizione indicativa in volume di malte malte bastarde (calce + cemento).

4. Per il lavoro in oggetto, si distinguono:

- un **primo strato di intonaco a calce**, realizzato con calce idraulica e, principalmente, pozzolana (a curva granulometrica verificata), a basso contenuto di sali, completamente esente da cemento. L'intonaco dovrà essere realizzato mediante un impasto composto da calce idraulica e, principalmente, pozzolana nel rapporto di 1:3 (una parte di legante e 3 di inerte), assicurandosi di non aggiungere cemento;
- un **secondo strato avente granulometria che dovrà diminuire avvicinandosi alla superficie** secondo le normali regole del buon costruire;

- una **rasatura di finitura con intonaco a calce**, eseguito con calce idraulica e, principalmente, pozzolana (a curva granulometrica verificata), a basso contenuto di sali, completamente esente da cemento. L'intonaco utilizzato per la rasatura dovrà essere realizzato mediante un impasto composto da calce idraulica e, principalmente, pozzolana nel rapporto di 1:3 (una parte di legante e 3 di inerte), assicurandosi di non aggiungere cemento. **La granulometria dovrà essere più fine rispetto a quella utilizzata per l'intonaco e dovrà diminuire avvicinandosi alla superficie** secondo le normali regole del buon costruire.

5. I prodotti sopra elencati saranno valutati al momento della fornitura. La Direzione Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

4.16. TINTEGGIATURE

1. Dovrà essere fatto obbligo all'Appaltatore di utilizzare colori e vernici di recente produzione, che non presentino fenomeni di sedimentazione o di addensamento, gelatinizzazioni o qualsiasi altro difetto.

2. Dovranno essere forniti in cantiere in recipienti sigillati recanti l'indicazione della ditta produttrice, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e di conservazione del prodotto nonché la data di scadenza. L'Appaltatore dovrà aprire i contenitori solo al momento dell'utilizzo ed in presenza della Direzione Lavori che avrà l'obbligo di controllarne il contenuto. La stessa Direzione Lavori potrà procedere anche a lavori iniziati a ulteriori controlli (anche parziali) su campioni della fornitura.

3. I prodotti, se non diversamente richiesto da indicazioni di progetto e/o prescrizioni della Direzione Lavori, dovranno essere pronti all'uso (ad eccezione delle eventuali diluizioni previste dalle ditte produttrici seguendo i rapporti indicati o le specifiche prescrizioni della stessa Direzione Lavori); dovranno assolvere le funzioni di protezione e/o decorazione, conferire alle superfici l'aspetto previsto dal progetto e mantenere tali proprietà nel tempo.

4. Per quanto riguarda i prodotti per la tinteggiatura di strutture murarie saranno da utilizzarsi esclusivamente, se non diversamente specificato, prodotti non pellicolanti secondo le definizioni delle norme UNI 8752-8758 recepite anche dalla raccomandazione NorMaL 04/85. I prodotti da utilizzarsi dovranno, in ogni caso, avere ottima penetrabilità, compatibilità con il supporto, garantendogli buona traspirabilità; tali caratteristiche dovranno risultare indiscutibilmente prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

5. Secondo la norma UNI/EDL 8752 si intendono con i termini:

- **pittura**: rivestimento riportato filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà protettive e decorative ed eventualmente di proprietà tecniche particolari;

- **tinta**: rivestimento riportato non filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà decorative e non necessariamente di proprietà protettive o proprietà tecniche particolari;

- **vernice**: rivestimento riportato filmogeno trasparente, incolore o colorato.

Tutti i prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI e UNICHIM vigenti.

In ogni caso i prodotti da utilizzarsi dovranno avere ottima penetrabilità e compatibilità con il supporto, così da garantire una buona traspirabilità. Tali caratteristiche dovranno risultare prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

6. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura e/o verniciatura di fabbriche, ovvero manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, o su manufatti soggetti ad interventi di conservazione e restauro, sarà obbligo procedere dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi competenti. In questi casi dovrà essere assolutamente vietato utilizzare prodotti a base di resine sintetiche senza una specifica autorizzazione della D.L., ovvero degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

7. Per i prodotti di comune impiego dovranno essere osservate, salvo diverse precisazioni, le seguenti prescrizioni:

a) olio di lino cotto: l'olio di lino cotto dovrà essere ben depurato, presentare un colore bruno rossastro perfettamente limpido, un odore forte ed amarissimo al gusto, essere scevro da adulterazioni 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 ammessa dovrà essere 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;

b) acquaragia (senza essenza di trementina): solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, o come solvente per resine sintetiche. Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e molto volatile. La sua densità a 15 °C dovrà essere di 0,87. È consigliabile il suo uso in ambiente aerato;

c) bianco di zinco: il bianco di zinco dovrà presentarsi come polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco, non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più del 1% di altre impurità; l'umidità non dovrà superare il 3%. Dovrà essere utilizzato principalmente nella preparazione di prodotti vernicianti per interni;

d) bianco di titanio: biossido di titanio dovrà presentare un ottimo potere coprente e opacizzante, normalmente presente nella quasi totalità dei prodotti vernicianti in tinta bianca;

e) latte di calce: il latte di calce dovrà essere ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente grassello di calce fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra. Vi si potrà aggiungere la quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra. Per tinteggi, scialbatura o velature su murature di particolare valore storico- artistico dovrà essere vietato ricavare il latte di calce stemperando calce idrata in polvere.

8. Le forniture dovranno comprendere tutto ciò che occorra ad eseguire, a perfetta regola d'arte:

- una **tinteggiatura del tipo a calce, previa mano di preparazione (imprimitura) con latte di calce idoneamente diluita, idonea per superfici esterne con colori minerali o terre ordinarie, in tinte non forti a due mani a coprire, su superfici esterne già preparate;**

- **protettivo idrorepellente a base di fluoropolimeri, completamente invisibile, traspirante, reversibile, specifico per tutte le finiture a calce**, grassello, ecc. (corredato dalla pertinente scheda di sicurezza a 16 – sedici - sezioni come richiesta dalla normativa vigente).

4.16.1. Pigmenti

Potranno essere definiti pigmenti i materiali (di granulometria molto fine dell'ordine di millesimi di millimetro) che, già colorati di per sé, risulteranno in grado di colorarne altri, se applicati sopra, inglobati o meno in apposite matrici. La natura chimica determinerà le caratteristiche proprie del pigmento; il potere colorante dovrà essere in relazione alla capacità maggiore o minore di un pigmento di conferire colore, mentre il potere coprente dovrà essere in relazione alla capacità di un pigmento di celare il supporto sottostante e dipenderà dalle caratteristiche stesse del pigmento.

I pigmenti potranno essere di struttura chimica organica od inorganica (cioè minerale) e di origine naturale o artificiale. Per le superfici architettoniche risulteranno particolarmente adatti i pigmenti inorganici in quanto stabili al contatto con la calce presente nella tinta o nel supporto. I Pigmenti di origine inorganica dovranno essere costituiti in prevalenza da composti dei metalli (ferro, manganese, rame, piombo, cromo ecc.); risulteranno più resistenti agli agenti atmosferici, più coprenti e più economici di quelli organici ma dotati di un minore potere colorante.

a) Ossidi di ferro: pigmenti puri ottenuti, attualmente, per via sintetica, stabili alla luce, agli agenti atmosferici, agli acidi, agli alcali alla calce e al cemento. I più comuni sono: ossido di ferro giallo, ossido di ferro rosso, ossido di ferro nero e ossido di ferro bruno. Tali ossidi risulteranno particolarmente indicati per la preparazione di tinte per calce e cemento, per la colorazione in pasta di cementi, calcestruzzi, malte per intonaci e stucchi, per la colorazione di granulati per tegole, asfalti e bitumi.

Al fine di ottenere una buona dispersione, salvo diverse specifiche di progetto, l'ossido e gli altri materiali dovranno essere miscelati a secco, aggiungendo solo in seguito la quantità di acqua richiesta. Le percentuali d'uso potranno variare secondo l'intensità di tinta che si vorrà ottenere e al potere coprente di materiale in cui verranno miscelati, in ogni caso, salvo diverse specifiche, la percentuale non dovrà mai essere superiore al 10% in peso sulla massa.

b) Terre naturali: pigmenti che si rintracciano in natura con qualità specifiche di terrosità e finezza tali da essere impiegati come sostanze coloranti. Le terre coloranti dovranno contenere ossidi minerali di origine naturale, in mescolanze e percentuali variabili a seconda dei tipi (mediamente 20-40%, non saranno, in ogni caso, utilizzabili i depositi minerali che contengano ossidi in percentuale inferiore al 10%); le terre dovranno comporsi di un composto del ferro, un ossido, un idrossido, un silicato idrato. Le uniche terre che non sono a base di ferro sono le terre nere.

La lavorazione delle terre coloranti, dopo che sono state estratte e asciugate si diversificherà a seconda della specifica tipologia; alcune verranno sbriciolate grossolanamente, separate dall'impurità e poi nuovamente macinate più o meno finemente (terre naturali) altre invece, cotte a temperature intorno ai 200-400 °C (terre bruciate): in questo modo si produrranno profonde alterazioni mineralogiche che daranno vita a differenti tonalità di colore.

Le terre più comuni sono: terre gialle: idrossidi di ferro associati ad argille, il contenuto di minerali di ferro potrà variare tra il 15-20% e il 60-70%. Terre rosse il cui colore è imputabile alla presenza d'ossido rosso associato ad argille e silicati amorfi; la terra rossa si può, anche, ottenere dalla calcinazione a basse temperature (200-400 °C) di terre gialle. Il colore delle terre d'ombra è dovuto, invece, alla presenza di ossidi di manganese e di ferro dispersi su base argillosa; per calcinazione si potranno ottenere tonalità più scure. Caratteristiche chimico-fisiche medie delle terre coloranti: peso specifico assoluto 4-5 gr/ml; massa volumica apparente 400-800 gr/lt; pH 3,5-6; ottima stabilità chimica alla luce, alla calce, all'umidità; insolubili sia in acqua sia in solventi inorganici.

Colore	Tipo di pigmento
Bianco	Latte di calce, Bianco San Giovanni, Bianco Spagna, Bianco Meudon, Bianco Zinco
Nero	Terra Nera Venezia, Nero Vite, Nero Manganese, Nero Roma
Bruno	Terra d'Ombra Naturale e Bruciata, Terra Colonia, Ocra Avana, Terra di Cipro
Giallo	Terre Gialle e Ocra Gialle, Terra Siena Naturale, Ocra Gialla
Rosso	Terra Rossa, Terra Siena Bruciata, Ocra Rossa, Cinabro Naturale, Rosso Ercolano
Verde	Terra Verde Nicosia, Verde Brentonico, Ossido di Cromo, Verde Cobalto
Azzurro	Azzurro di Cobalto, Blu Oltremare

Figura 12. Pigmenti più utilizzati.

4.16.2. Tinte

Tinte alla calce

Dovranno costituirsi di un'emulsione di calce idrata in fiore o di grassello di calce in cui verranno stemperati pigmenti inorganici naturali a base di terre coloranti, carbonati ed ossidi di ferro l'indurimento e la stabilizzazione della tinta avverrà mediante reazione con anidride carbonica dell'aria che produrrà, con la simultanea cessione di acqua, un calcare similmente a quanto avviene per gli intonaci di calce area.

Per ottenere un'omogenea dispersione dei colori i pigmenti (precedentemente calibrati sulla tinta voluta) dovranno essere prima miscelati a secco e poi, preventivamente, messi in bagno in una quantità d'acqua pari a circa il doppio del loro volume, lasciandoli riposare per ore. I pigmenti, prima di aggiungerli al latte di calce dovranno obbligatoriamente essere passati attraverso un setaccio, in modo da eliminare eventuali grumi. L'aderenza alle malte potrà essere migliorata con additivi quali colle artificiali, animali e vegetali o con limitate quantità di resina acrilica in emulsione acquosa (massimo 5-10%). I suddetti additivi, ovvieranno a difetti come il dilavamento e lo spolverio, aumentando la durata e la resistenza della calce in presenza di inquinamento atmosferico.

Le tinte alla calce potranno essere applicate anche su pareti intonacate di fresco; in questo caso come pigmenti dovranno essere utilizzate terre naturali passate al setaccio. Per interventi conservativi si potrà ricorrere a velature di tinte a calce fortemente stemperate in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

Tinte ai silicati

Dovranno costituirsi di un legante a base di silicato di potassio, di un silicato di sodio o da una miscela di entrambi gli elementi e da pigmenti esclusivamente inorganici (per lo più ossidi di ferro) trattati in maniera da essere stabili all'acidità ambientale.

La tinta ai silicati potrà essere stesa, in linea generale, su qualunque tipo di supporto (escluso il gesso in ogni sua forma, intonaco, cartongesso, ecc.), purché questo si presenti asciutto e accuratamente spolverato e a patto che si dispongano, a seconda della natura e dello stato di conservazione dello stesso, differenti ed idonei trattamenti preliminari. Per ovviare ai problemi di applicazione legati ai sistemi di coloritura ai silicati non stabilizzati sarà consigliabile l'utilizzo di tinte costituite da silicato di potassio in soluzione stabilizzato ed idrofobizzato.

Queste tinte si differenzieranno da quelle tradizionali in quanto conterranno, oltre all'agente silicato di potassio legante, una dispersione sintetica resistente agli alcali, cariche, additivi reologici e antibiodeteriogeni; la quantità totale di sostanze organiche potrà raggiungere al massimo il 5% del peso, con riferimento al peso totale del prodotto finito. La dispersione sintetica contenuta in queste tinte organosilatiche non darà vita a pellicola e perciò non sarà considerata agente legante. La dispersione sintetica avrà soltanto una funzione reologica e protettiva subito dopo l'applicazione della tinta fino a che la "silicificazione" non progredisce in modo sufficiente. Sovente, in questa seconda tipologia di tinta ai silicati non si fa uso di pigmenti bianchi (con elevato potere coprente) di conseguenza risultando semitrasparenti potranno rilevarsi valide alternative alla tinta alla calce specialmente in ambienti esterni particolarmente aggressivi sia dal punto di vista climatico che atmosferico.

Nel caso in cui non si aggiungano i pigmenti queste miscele acquose (massima diluizione 50%) di silicati di potassio in soluzione stabilizzati ed idrofobizzati potranno rilevarsi buoni prodotti impregnanti con funzioni di consolidamento e protezione specialmente per intonaci e laterizi. Di norma il tempo di essiccamento superficiale o al tatto (a +20 °C e 65% di UR) sarà di circa 2 ore, mentre ne occorreranno 24 per l'essiccamento in profondità.

Il legame chimico che si istituirà tra tinta ed intonaco sottostante è stabile, la tintura non risulterà soggetta a degradi di sfogliamento anzi, agirà da consolidamento del supporto. Le caratteristiche che dovranno possedere tali tinte saranno:

- ottima adesione al supporto;
- buona permeabilità al vapore;
- resistenza all'acqua;
- resistenza ai raggi ultravioletti;
- resistenza alle muffe;
- invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale.

Le suddette tinte dovranno essere applicate a temperatura minima +8 °C massima +35 °C; umidità relativa dell'ambiente massima 85% e temperatura del supporto minima +5 °C massima +40 °C.

4.16.3. Pitture

Le pitture dovranno di norma, costituirsi da un pigmento, un veicolo o legante, un diluente e un seccante. In taluni casi, al composto, potrà essere aggiunto un anti fermentativo o degli antimuffa. Il pigmento dovrà essere, generalmente, di origine inorganica o artificiale. Il potere coprente richiesto alle pitture sarà determinato dal pigmento e dalle cariche.

Pitture a colla o tempera

Dovranno costituirsi di sospensioni acquose di pigmenti, cariche (calce, gesso, carbonato di calcio finemente polverizzati), e leganti a base di colle naturali (caseina, colla di pesce, latte, colla di farina ecc.) o sintetiche (colle viniliche, acriliche o di altro tipo di sintesi). Dovranno essere, preferibilmente, utilizzate su pareti interne intonacate perfettamente asciutte. In relazione alle modalità realizzativi questa pittura potrà essere suddivisa in tre tipi: quella che si ottiene "stemperando" i colori in acqua e aggiungendo in un secondo momento il legante (ovvero la colla); quella che si ottiene tinteggiando con pigmenti precedentemente stemperati in acqua e poi a soluzione asciutta vaporizzando soluzioni molto diluite di colla e quella ottenuta dalla stesura della miscela ottenuta dall'impasto unico di colla colori ed acqua.

Il prodotto utilizzato, in ogni caso, dovrà possedere buona adesività al fine di eliminare lo scrostamento al contatto, buon potere coprente permettere sia la sovrapposizione dei colori sia, gli eventuali ritocchi, buona resistenza all'azione dell'acqua e dell'umidità, soprattutto se estesa all'esterno, brillantezza di colore e resistenza nel tempo.

Pitture ad olio

Potranno comporsi di oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti. Rispetto alla tinteggiatura a tempera, dovrà presentare una maggiore elasticità e quindi capacità di seguire le eventuali deformazioni del fondo e presentare, inoltre, notevole impermeabilità e capacità di ritocco senza che i colori si mescolino tra loro in modo incontrollabile. Dovranno possedere un alto potere coprente, risultare resistenti all'azione degradante dell'atmosfera, delle piogge acide, dei raggi ultravioletti.

Pitture cementizie

Si comporranno di sospensioni acquose di cementi bianchi, resine acriliche in emulsione, cariche micronizzate, pigmenti inorganici ed additivi chimici (antialga e antimuffa) in polvere. 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. Il film essiccato di queste pitture presenterà una bassa porosità che lo renderà particolarmente indicato per il trattamento e la protezione di strutture in cemento armato, dall'azione aggressiva dell'anidride carbonica. Inoltre, il suo basso assorbimento d'acqua permette di preservare i supporti dall'azione di usura dovuta all'azione di "gelo-disgelo". Il tipo di finitura satinata permetterà di uniformare l'aspetto cromatico di getti non omogenei di calcestruzzo senza coprirne il disegno. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di fabbriche come manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, ovvero su manufatti sottoposti ad interventi di conservazione e restauro, l'utilizzo di pitture cementizie dovrà essere vietato.

Pitture emulsionate

Emulsioni o dispersioni acquose che si costituiranno di pigmenti organici o inorganici, di cariche (carbonati di calcio, silicati di alluminio, polveri di quarzo ecc.) e da additivi sospesi in una resina sintetica (acrilica o acetovinilicheversatiche).

Poste in commercio come paste dense, da diluirsi in acqua al momento dell'impiego, dovranno essere in grado di realizzare sia forti spessori sia film sottilissimi. Potranno essere utilizzate su superfici interne ed esterne, in questo ultimo caso dovranno possedere una spiccata resistenza all'attacco fisico-chimico operato dagli agenti inquinanti.

Queste pitture dovranno risultare impermeabili ed il loro degrado avverrà per filmazione od spogliamento-spellatura. Dovranno essere applicate con maestria 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.

Idropittura (pittura all'acqua, pitture lavabili) a base di copolimeri acrilici

Pittura in cui il legante dovrà essere costituito da una dispersione acquosa di resine sintetiche (soprattutto copolimeri acrilici) con pigmenti che potranno essere organici ad alto potere coprente o inorganici (ad es., farina di quarzo, caolino, biossido di titanio ecc.) comunque molto coprenti con l'aggiunta di additivi reologici ed antimuffa. Questo consentirà di dare luogo a coloriture "piatte" con un effetto "cartonato". Le cariche dovranno essere costituite da materiali inerti, stabili rispetto all'acidità degli ambienti inquinanti.

Le caratteristiche principali di questa pittura saranno: aspetto opaco-serico, ottima adesione al supporto, insaponificabile, ottimo potere riempitivo, resistenza agli alcali ed agli agenti aggressivi dell'inquinamento, resistenza all'attacco di funghi, muffe e batteri, superlavabile (resiste ad oltre 500 cicli di spazzola), eccellente stabilità di tonalità delle tinte e non ingiallente, resistenza ai raggi ultravioletti. Questo tipo di pittura risulterà idonea su intonaco civile di malta bastarda, cementizia o equivalente, intonaco a gesso, nuovo o già rivestito con altre pitturazioni (previa preparazione con pulizia ed applicazione di idoneo fissativo uniformante e/o consolidante), elementi prefabbricati in conglomerati cementizi a superficie compatta, uniforme e piana, legno truciolare. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di manufatti di chiaro interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, se non diversamente specificato dalla Direzione Lavori, dovrà essere vietato l'utilizzo di idropitture acriliche.

Boiaccia passivante

Boiaccia passivante anticarbonatante, pennellabile per la protezione dell'armatura di strutture in cemento armato normalmente caratterizzata da colori vivaci (arancio, azzurro, verde ecc.).

Il prodotto potrà essere monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua (quantità variabile tra 0,3 e 0,5 l/kg), o bicomponente (A = miscela di cemento o leganti idraulici ad elevata resistenza, polveri silicee con idonea curva granulometrica, inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); in ogni caso le caratteristiche minime della boiaccia dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco.

Lo strato minimo di protezione di tale pittura dovrà essere di almeno 1 mm.

4.16.4. Vernici

Per vernice dovranno intendersi tutti gli impregnanti, i consolidanti e gli idrorepellenti; in genere utilizzati su legno, pietre naturali, cemento armato a vista, intonaci e su altri supporti murari quando si vorrà aumentarne la consistenza l'impermeabilità o l'idrorepellenza.

I prodotti vernicianti dovranno essere classificati in rivestimenti incorporati (impregnanti superficiali: idrorepellenti, consolidanti, mordenti e primer per supporti in legno, conglomerati legati con calce e/o cemento come intonaci cementi decorativi e calcestruzzi) e rivestimenti riportati (smalti, flatting, "pitture").

Vernici naturali e sintetiche

Le vernici dovranno creare una pellicola trasparente, lucida od opaca. Di norma si otterranno per sospensioni di pigmenti e delle cariche (talco, quarzo, caolino ecc.) in soluzioni organiche di resine naturali (coppale, colofonia, trementina benzoina, mastice ecc.) o sintetiche, (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliuretani, poliesteri, fenoliche, siliconiche ecc.). La percentuale di veicolo (legante + solvente) dovrà di norma essere pari al 50%, nel caso di verniciature per esterno, la composizione dovrà essere: 40% di pigmento e 60% di veicolo caratterizzato da resistenze particolari agli agenti atmosferici ed agli agenti alcalini.

Le vernici per gli interni dovranno essere a base di essenza di trementina e gomme pure di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante. Dovrà essere fatto divieto l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

Di norma le vernici essiccheranno con rapidità formando pellicole molto dure. Dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, alla luce ed agli urti; essere utilizzate dietro precise indicazioni della Direzione Lavori che dovrà verificarne lo stato di conservazione una volta aperti i recipienti originali.

Smalti

Prodotti di natura vetrosa composti da silicati alcalini: alluminio, piombo, quarzo, ossido di zinco, minio ecc.; si utilizzeranno per eliminare la porosità superficiale della ceramica e/o per decorarla. All'interno di questa categoria rientreranno anche gli smalti sintetici: miscele di resine termoidurenti sciolte in acqua insieme ai pigmenti; queste sostanze dovranno possedere forte potere coprente, avere le caratteristiche di essiccare in poche ore (intorno alle 6 ore), facilità di applicazione, luminosità e resistere agli urti per diversi anni anche all'esterno.

Vernici antiruggine e anticorrosive

Dovranno essere rapportate al tipo di materiale da proteggere ed alle condizioni ambientali. Il tipo di vernice da impiegare su ferro e sue leghe dovrà essere indicato dalla D.L., se non diversamente specificato si intenderà a base di resine gliceroftaliche a caucciù clorurato, plastificanti in saponificabili e pigmenti inibitori della corrosione, fosfato basico di zinco ed ossido di ferro rosso. La vernice dovrà risultare sovraverniciabile (entro sei-otto giorni dall'applicazione) con pitture a smalto oleosintetiche, sintetiche e al clorocaucciù. L'applicazione di tale vernice potrà avvenire sia a pennello (consigliata) sia a rullo, in entrambi i casi lo spessore minimo di pellicola secca per strato dovrà essere di 25 mm, ottenibile da pellicola umida di 70-80 mm mentre lo spessore massimo sarà di 40 mm, ottenibile da pellicola umida di 110-120 mm.

4.17. TRATTAMENTO BIOCIDA

1. Prodotto biocida specifico per la **disinfezione da colonie di microrganismi autotrofi e/o eterotrofi** mediante applicazione tramite pennello, a spruzzo o con adeguate siringhe.

2. Sono prodotti da utilizzarsi per l'eliminazione di muschi e licheni. I suddetti prodotti dovranno, necessariamente, essere utilizzati con molta attenzione e cautela, dietro specifica indicazione della D.L. e solo dopo aver eseguito accurate indagini sulla natura del problema e sul tipo di azione da svolgere oltre naturalmente all'adozione di tutte le misure di sicurezza e protezione degli operatori preposti all'applicazione del prodotto. Questi prodotti potranno presentare, a seconda dei casi e delle indicazioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- azione selettiva e limitata alla specie da eliminare;
- tossicità limitata verso l'ambiente così da non alterare per tempi prolungati l'equilibrio del terreno interessato dall'azione disinfettante;
- atossicità nei riguardi dell'uomo;
- totale assenza di prodotti o componenti in grado di danneggiare l'organismo murario ovvero le porzioni intonacate;
- limitata durata dell'attività chimica;
- totale assenza di fenomeni inquinanti nei confronti delle acque superficiali e profonde.

Per indicazioni inerenti alla scelta dei metodi di controllo del biodeterioramento si rimanda a quanto enunciato nel documento NorMaL 30/89 mentre per ulteriori informazioni sulla caratterizzazione, sull'efficacia e sul trattamento dei biocidi si rimanda a quanto enunciato nei documenti NorMaL 35/91, 38/93, 37/92.

4.17.1. *Alghicidi, battericidi, fungicidi*

Composti inorganici

1) Perossido di idrogeno (acqua ossigenata), utilizzato a 120 volumi risulterà adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; potrà essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agirà esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non durerà nel tempo.

2) Ipoclorito di sodio (varechina), utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina potrà essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non verrà interamente estratta dal materiale lapideo ne potrà determinare l'ingiallimento.

Composti organici

Formalina soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi licheni e batteri.

Composti fenolici e derivati

1) Orto-fenil-fenolo (OPP) ed i suoi sali sodici (OPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità potrà ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulterà preferibile poiché presenterà una minore interazione con il supporto.

2) Di-clorofene prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molo bassa, non presenterà interazioni con il supporto anche se organico.

3) Penta-clorofenolo (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose al 1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto potrà determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

Composti dell'ammonio quaternario

Derivati dell'ammonio quaternario (come il Benzetonio cloruro) da utilizzare in soluzione dal 2-4% in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulterà, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. La sua azione risulterà energica ma non protratta nel tempo, in quanto non sarà in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee.

4.17.2. *Erbicidi*

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che interverranno sulla fotosintesi, tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.

1) Solfato di ammonio prodotto da impiegare per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.

2) Fluometuron da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.

3) Simazina prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi presenta una azione preventiva per circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.

4) Picloram erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifica indicazioni della D.L. e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.

5) Glyfosato diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

4.17.3. *Criteri di accettazione*

I criteri d'accettazione dei biocidi saranno stabiliti dall'Ufficio della Direzione dei Lavori.

Inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

4.17.4. Tabella di comparazione

Segue, appresso, una tabella riassuntiva dei biocidi e dei loro campi di applicazione, a titolo di puro utile riferimento.

Biocidi	Alghe	Licheni	Funghi	Batteri	Piante
Perossido di idrogeno	+++	++	---	++	---
120 vol.					
Benzetonio cloruro	+++	++	---	++	---
Di-clorofene	+++	++	+	---	---
Penta-clorofenolo	+++	---	++	++	---
Formalina	+++	+++	++	+++	+
Fluometuron	+++	++	++	---	---
Simazina	---	++	+++	---	+++
Gliofosato	---	+++	---	---	+++

Figura 13. Tabella di comparazione dei biocidi.

4.18. MATERIALI PER COPERTURE

Si definiscono prodotti per le coperture quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari.

4.18.1. Generalità

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; la Direzione Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate negli articoli specifici.

Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati saranno quelli indicati nelle norme UNI vigenti e in mancanza di queste ultime quelli indicati dalle norme estere o internazionali.

4.18.2. Tegole e coppi di laterizio

1.

Il lavoro in oggetto richiede le seguenti voci di fornitura, ivi incluso tutto ciò che concorrerà a dare le opere sottoelencate finite a perfetta regola d'arte:

- manto di copertura con finitura superficiale in tegole e coppi di laterizio, di opportuna giacitura e pendenza, comprese la fornitura, il tiro in alto e la posa inclusi il fissaggio come specificato, la muratura dei filari di gronda e di colmo, la formazione dei colmi, diagonali, la predisposizione delle bocchette e delle converse, con impiego della malta fina di calce e pozzolana o di malta bastarda per le parti incastrate a muratura, ogni altra fornitura accessoria, oneri e magisteri. Dovranno essere utilizzate **tegole e coppi alla romana**;

- manto di copertura con finitura superficiale in tegole e coppi di laterizio, di opportuna giacitura e pendenza, comprese la fornitura, il tiro in alto e la posa inclusi il fissaggio come specificato, la muratura dei filari di gronda e di colmo, la formazione dei colmi, diagonali, la predisposizione delle bocchette e delle converse, con impiego della malta fina di calce e pozzolana o di malta bastarda per le parti incastrate a muratura, ogni altra fornitura accessoria, oneri e magisteri. Dovranno essere utilizzate **tegole di recupero provenienti dalla rimozione**.

2.

Le tegole ed i coppi di laterizio per coperture (ed i loro pezzi speciali) si intenderanno denominati secondo le dizioni commerciali usuali (marsigliese, coppo, embrice, ecc.). I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto, alle specifiche di cui alla norma UNI EN 1304 ("Tegole di laterizio per coperture discontinue – Definizioni e specifiche di prodotto") e in mancanza e/o a completamento alle prescrizioni di seguito riportate:

a) i difetti visibili potranno essere ammessi nei seguenti limiti:

- le fessure non dovranno essere visibili o rilevabili a percussione;
- le protuberanze e scagliature non dovranno avere diametro medio (tra dimensione massima e minima) maggiore di 15 mm e non dovrà esserci più di 1 protuberanza; è ammessa 1 protuberanza di diametro medio tra 7 e 15 mm ogni 2 dmq di superficie proiettata;
- sbavature tollerate purché non limitino il corretto assemblaggio;
- l'esame dell'aspetto e della confezione dovrà avvenire secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-1;

b) sulle dimensioni nominali e sulla forma geometrica saranno ammesse le seguenti tolleranze:

- lunghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-2): $\pm 3\%$;
- larghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-3): $\pm 3\%$ per tegole e $\pm 8\%$ per coppi;

c) lo spessore dovrà essere determinato secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-5;

d) la planarità, l'ortometria e la rettilineità dei bordi ed il profilo dovranno essere determinati secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635, rispettivamente ai punti 5, 6 e 7;

e) sulla massa convenzionale (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-8) sarà ammessa una tolleranza del 15%;

f) l'impermeabilità (norme UNI 8635-10 e UNI EN 539-1) dovrà essere tale da non permettere la caduta di goccia d'acqua dall'intradosso;

g) la resistenza a flessione (forza F singola), misurata secondo le modalità di cui alla norma UNI EN 538, dovrà essere maggiore di 1000 N;

h) per il carico di rottura (norma UNI 8635-13) il valore singolo della forza F dovrà essere maggiore di 1000 N ed il valore medio maggiore di 1500 N.

I criteri di accettazione saranno quelli fissati dalle prescrizioni di cui sopra; in caso di contestazione si procederà secondo quanto indicato nelle generalità sopra riportate.

3.

I prodotti dovranno essere forniti su appositi pallets, legati e protetti da azioni meccaniche e chimiche nonché dalla sporcizia che potrebbe degradarli durante la fase di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Gli imballi, solitamente di materiale termoretraibile, dovranno contenere un apposito foglio informativo che segnali almeno il nome del fornitore e le indicazioni dei commi da a) ad h) della precedente lista nonché eventuali istruzioni complementari.

4.18.3. *Massetto di regolarizzazione e livellamento*

Massetto di regolarizzazione e livellamento in copertura: adeguato strato (spessore 10÷20 mm) di **malta premiscelata di calce e pozzolana**.

4.18.4. *Impermeabilizzazioni*

Generalità

Dovranno essere intesi come prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane quelli che si presenteranno sotto forma di:

a) membrane bituminose in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato; si potranno scegliere in base al:

- materiale componente (ad esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);

- materiale di armatura inserito nella membrana (ad esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- materiale di finitura della superficie superiore (ad esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- materiale di finitura della superficie inferiore (ad esempio: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.);

b) membrane e vernici liquide e/o in pasta da mettere in opera a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in situ una membrana continua; si potranno classificare in:

- mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- asfalti colati;
- malte asfaltiche;
- prodotti termoplastici;
- soluzioni in solvente di bitume;
- emulsioni acquose di bitume;
- prodotti a base di polimeri organici;

c) membrane ondulate o microdogate sottocoppo o sottotegola, di norma realizzate in fibrocemento o in fibre organiche resinate;

d) membrane bugnate estruse in polietilene ad alta densità.

I prodotti di seguito elencati dovranno essere valutati al momento della fornitura. La Direzione Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

Membrane (bitume/polimero)

Il lavoro in oggetto include uno strato impermeabile in bitume ed elastomeri (questi ultimi al 30%), in base d'acqua, posato a freddo a strati successivi e incrociati, per uno spessore complessivo pari a 4 mm.

1. Membrane per coperture e sottocoperture

Le membrane per coperture di fabbricati, in relazione allo strato funzionale (definito secondo la norma UNI 8178) che costituiranno (ad es., strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.), dovranno necessariamente rispondere alle prescrizioni degli elaborati di progetto.

2. Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

Le guaine a base di elastomeri e di plastomeri potranno essere utilizzate per varie classi di impiego purché siano conformi alle caratteristiche previste nelle varie parti della norma UNI 8898. I suddetti prodotti si classificheranno in:

- a) membrane in materiale elastomerico (materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione, per esempio la gomma vulcanizzata) senza armatura;
- b) membrane in materiale elastomerico dotate di armatura;
- c) membrane in materiale plastomerico (materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione, come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate) flessibile senza armatura;
- d) membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- e) membrane in materiale plastomerico rigido (ad esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);
- f) membrane polimeriche a reticolazione posticipata (ad es. polietilene clorosol fanato) dotate di armatura;
- g) membrane polimeriche accoppiate ossia membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione o altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, qualora la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante avrà importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove dovranno essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore.

4.19. MATERIALI PER RACCOLTA, DRENAGGIO E SCARICO DI ACQUE PIOVANE

1. Il lavoro in oggetto richiede le seguenti voci di fornitura, ivi incluso tutto ciò che concorrerà a dare le opere sottoelencate finite a perfetta regola d'arte:

- **canale di gronda in rame**, dello sviluppo della sezione di 280 mm, sagomato in accordo alle esigenze di progetto, di spessore 10/10 mm a bordo a cordone, in opera, comprese tutte le necessarie lavorazioni e saldature, cicogne dello stesso materiale, murate o chiodate, alla distanza di un metro fra una e l'altra, legature con filo di ferro zincato o rame;

- **tubi di lamiera in rame per pluviali** del diametro di 100 mm e dello spessore di 10/10 mm, in opera, comprese tutte le necessarie lavorazioni e saldature, cravatte murate compresi i gomiti.

2. Normativa di riferimento: DIN EN 12056-3. Sistemi di raccolta e deflusso esterni sono dimensionati per motivi economici e per assicurare la capacità autopulente in base ad un evento di piovosità media. Secondo DIN 1986-100, ciò equivale ad $r(5/5)$, ovvero l'intensità di pioggia locale di cinque minuti, che ci si aspetta una volta in 5 anni a venire.

3. I canali di gronda a sezione semicircolare saranno completi di ferri portanti e tiranti uno ogni travetto o ogni 100 cm circa.

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

5. Nei prezzi dei lavori compiuti così come descritti dalle singole voci si intendono compresi e compensati gli oneri relativi ai trasporti, al carico e allo scarico in cantiere e le spese generali.

4.20. MATERIALI PER IL TRATTAMENTO DEL LEGNO IN COPERTURA

Sverniciatura: possono adoperarsi, per la sverniciatura delle parti più tenaci, solventi idonei.

Trattamenti: adeguato trattamento antifungo con adatta soluzione

Pittura: utilizzare uno smalto sintetico.

Tutti i materiali sopra elencati dovranno essere autorizzati, prima delle rispettive utilizzazioni, dall'Ufficio della Direzione dei Lavori.

5. OPERE PROVVISORIALI, NOLEGGI E TRASPORTI

5.1. OPERE PROVVISORIALI, OPERE DI PRESIDIO E DI SICUREZZA

1. Le opere provvisorie, gli apprestamenti e le attrezzature atti a garantire, per tutta la durata dei lavori, la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori dovranno essere in accordo alle norme riguardanti i ponteggi e le impalcature, i ponteggi metallici fissi, i ponteggi mobili, ecc., contenute nel D.L. 81/08 e successivo D.L. n. 106 del 03/08/2009.

La **progettazione esecutiva di tutte le opere provvisorie, di presidio e di sicurezza in oggetto rimane responsabilità dell'Appaltatore**. Tutte le opere provvisorie dovranno essere calcolate ed eseguite nel rispetto delle forze verticali ed orizzontali previste dalla vigente normativa (e dovranno essere quindi opportunamente controventate).

2. Zincatura. Tutte le opere provvisorie, le opere di presidio e di sicurezza realizzate in acciaio (si vedano le caratteristiche del materiale nell'articolo permanente) dovranno essere zincate, salvo diversamente indicato, mediante zincatura (adeguata per prodotti in acciaio) con trattamento di protezione contro la corrosione, tramite immersione in vasche contenenti zinco fuso alla temperatura di circa 450°C previo decapaggio, lavaggio, ecc. e quanto altro necessario per ottenere un prodotto finito secondo norma UNI-E-10147.

3. Per quanto attiene in maniera più specifica ai ponteggi, si distinguono, tra gli altri:

- ponteggi esterni di facciata in struttura metallica tubolare, sistema a telaio, per altezze anche oltre i 20 m, compresi progetto e relazione tecnica, montaggio, smontaggio, trasporti, pezzi speciali, palancato di ponte e sottoponte in tavole di abete (spessore 30-50 mm) o tavola metallica prefabbricata, doppio parapetto, protezioni usuali eseguite secondo le norme di sicurezza vigenti in materia, mantovane, ancoraggi ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte con materiale dell'Impresa;
- opere provvisorie in tubolari metallici (sistema giunto-tubo) per ponteggi di servizio e simili, a struttura normale per altezza anche oltre i 20 m, compresi i pezzi speciali, palancato di ponte e sottoponte in tavole di abete spessore 30-50 mm o tavola metallica prefabbricata, doppio parapetto, protezioni usuali eseguite secondo le norme di sicurezza vigenti in materia, mantovane, ancoraggi ed ogni altro onere e magistero occorrente per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte con materiale dell'Impresa;
- ponteggi multidirezionali costituiti da montanti e traversi zincati ancorati tra loro tramite piastre ottagonali saldate sui montanti dotate di otto forature sagomate per l'innesto rapido dei traversi;
- piani di lavoro in legno composti di assito in tavoloni spessore 30-50 mm, tavole fermapiede ai lati e alle testate del piano, compresi trasporto, montaggio e smontaggio;
- piani di lavoro in acciaio composti di assito in elementi prefabbricati in acciaio, fermapiede ai lati e alle testate del piano, compresi trasporto, montaggio e smontaggio;
- strutture metalliche tubolari prefabbricate, mobili, su ruote gommate con ripiano in tavole di abete o lastre metalliche, rispondenti alle leggi e norme vigenti relative.

4. La procedura di **consolidamento provvisorio (puntellamento)** dovrà, necessariamente, garantire condizioni provvisorie di sicurezza nei manufatti sia durante l'esecuzione delle lavorazioni preliminari che durante le eventuali procedure di consolidamento definitivo. I suddetti lavori di puntellamento dovranno, altresì, assolvere il duplice requisito di efficacia ed economia.

Le opere di presidio saranno eseguite, se non diversamente specificato dalla Direzione Lavori, in una delle tipologie seguenti:

- in legname (di norma legname tondo per armature in ragione della sua facile lavorabilità, della sua notevole resistenza e del suo basso peso specifico);
- in pali di ferro (tubi "Innocenti" uniti con giunti bullonati), da preferire al legno qualora la struttura da presidiare sia molto alta rispetto al piano sul quale è previsto il trasferimento dei carichi; il sistema tubo-giunto, inoltre, presentando uno schema strutturale molto chiaro, faciliterà il calcolo della struttura);
- più raramente in muratura o in c.a. (comunque, sempre e soltanto come richiesto e approvato dalla Direzione Lavori).

Gli elementi verranno messi a contrasto con l'organismo murario da presidiare, cercando di evitare la formazione di punti singolari di forza, mediante una diffusione del carico della muratura o ad un'altra struttura muraria in migliori condizioni statiche, oppure all'esterno della struttura muraria sul terreno limitrofo. Nel primo caso si renderà necessario rafforzare le porzioni circostanti e sottostanti la zona puntellata (ad es. puntellando anche i vani sottostanti fino a quello cantinato ovvero murando i vani sottostanti a quello presidiato) così da evitare che il trasferimento dei carichi su una muratura, che potrebbe essere di per sé già non in perfette condizioni statiche, provochi in questa dissesti con eventuali ripercussioni a catena.

La struttura di contrasto a diretto contatto con l'apparecchio murario da sostenere con il puntellamento dovrà essere costituita, se non diversamente specificato dalla D.L., da un tavolato ligneo (se non diversamente specificato, di spessore 30-50 mm) in ragione della migliore adattabilità che questo materiale presenta ad una qualsiasi superficie; qualora la superficie da presidiare fosse particolarmente delicata ovvero decorata con pittura ad affresco o con altra tecnica pittorica o presentasse superfici a mosaico sarà necessario anteporre al tavolato ligneo uno "spessore" di materiale soffice, quale ad esempio gommapiuma od altro materiale ritenuto idoneo dalla D.L.

I puntelli che svolgeranno un'azione di sostegno (per "resistere" a carichi verticali o spostamenti verticali che la struttura subisce a causa del dissesto come ad es. cedimenti di fondazione, rotture di architravi ecc.) di strutture orizzontali (solai, davanzali, travature ecc.) saranno costituiti da ritti verticali (candele capaci di reagire, senza deformarsi, a sforzi normali) posti a contrasto con la struttura e da traversi che contrastino, a loro volta, l'eventuale slittamento dei ritti; in alternativa ai puntelli lignei potranno essere utilizzati anche elementi metallici a "T", ovvero i cosiddetti ritti di cantiere ("cristi") normalmente impiegati per sostenere la messa in opera di orizzontamenti piani. I puntelli di sostegno potranno anche essere costituiti da aste inclinate (ad es. per la messa in opera di fascio radiale per contrastare, in posizione di sostegno, i cedimenti e le deformazioni di volte e di archi) la cui inclinazione sarà variabile in ragione alla disponibilità di spazio, all'altezza, alla massa della parete ovvero dell'elemento da sostenere e allo sforzo cui sarà sottoposto. Prima di predisporre questo particolare presidio provvisorio si renderà indispensabile accertare la sola verticalità delle azioni deformative in quanto una puntellatura di solo sostegno, in presenza di moti traslatori di natura diversa, potrebbe arrecare essa stessa danni ulteriori alle strutture.

Nel caso in cui le strutture di presidio dovessero assolvere l'azione di sostegno di strutture verticali (per fronteggiare movimenti di traslazione orizzontale, in presenza o meno di rotazione quali, ad esempio, ribaltamento di pareti), potranno essere costituite da aste inclinate a testa semplicemente aderente; al fine di evitare lo scorrimento del puntello sull'apparecchio murario sarà necessario che l'angolo d'inclinazione dell'asta non sia maggiore dell'angolo d'attrito tra la muratura e la stessa asta. Allorché la testa del puntello sia posta molto in alto, il puntello dovrà necessariamente diventare una struttura reticolare (in questo caso sarà preferibile utilizzare un sistema tubo-giunto in luogo di puntelli lignei), così da limitare la lunghezza libera di inflessione degli elementi che lo compongono. Al fine di evitare rischi che potrebbero arrecare danni alla stabilità ed alla integrità degli edifici limitrofi dovrà essere, dove possibile, evitata la messa in opera di dispositivi orizzontali ed inclinati a contrasto con manufatti prospicienti.

Nel caso in cui il puntello sia tenuto a impedire lo spanciamiento di una parete sarà necessario che esso venga posto in modo che il suo asse incontri la spinta in mezz'aria del maschio murario, così da eludere

effetti flessionali sul maschio stesso. In questa specifica situazione il puntello sarà soggetto ad un carico uguale alla componente orizzontale della spinta.

Qualora le opere di presidio dovessero svolgere la doppia funzione di sostegno e ritegno (per contrastare stati in cui ai carichi verticali si uniscono spinte di archi e volte che tendono al ribaltamento del muro) sarà necessario predisporre puntelli con disposizione inclinata e con innesti tesi a contrastare sia movimenti di traslazione verticale sia di rotazione.

I puntelli semplici e doppi potranno essere impiegati singolarmente, in coppia ovvero in gruppo connessi con elementi trasversali e di controventatura, così da presidiare porzioni di manufatti anche molto ampie.

In linea generale i puntelli dovranno soddisfare le seguenti condizioni:

- alleviare la struttura di parte del carico; questa quota di carico potrà, in caso di emergenza, essere stimata con semplici considerazioni intuitive che normalmente dovranno tener conto della natura, della gravità e dell'estensione del dissesto, nonché del rapporto tra pieni e vuoti della muratura sovrastante e sottostante il punto di azione del puntello;

- essere rigidamente vincolati alle strutture da presidiare con l'estremità (testa) e con l'altro estremo (piede) ad una base di appoggio (interna od esterna alla struttura) capace di ricevere l'azione assiale del puntello senza deformarsi. Al fine di assolvere la suddetta condizione occorre predisporre per la testa dei cunei lignei (biette) di essenze dure, al fine di mettere in forza i puntelli, mentre per il piede si predisporrà una adeguata piastra di distribuzione (fondazione) così da evitare che un eventuale cedimento del terreno provochi la perdita di contrasto da parte del puntello; la base, che dovrà risultare normale ai puntelli, potrà essere costituita da travi o assiti lignei (2 o più, spessore minimo di ogni tavola 30-50 mm) normali tra loro, il puntello sarà vincolato al tavolato mediante gattello ligneo con chiodatura alla "traditoria" ovvero con picchetto ligneo incastrato nel terreno e legato con fasciatura metallica. Nel caso in cui i puntelli scarichino direttamente su terreni incoerenti o molto irregolari in superficie, sarà preferibile predisporre una fondazione in muratura o in c.a. (come indicato e/o come richiesto alla luce delle indagini geognostiche conoscitive);

- essere stabili sia alla compressione che alla pressoflessione;

- essere costituiti da materiale avente caratteristiche termiche ed igrometriche analoghe – o comunque compatibili - a quelle delle strutture da presidiare così da non vanificare la validità del puntellamento ovvero arrecare degrado alle parti da restaurare.

5. I sistemi di puntellamento delle strutture voltate o arcuate (centinature provvisorie) varieranno secondo il tipo di struttura e di eventuale dissesto; di norma si seguiranno i seguenti criteri:

a) per le volte a botte le centinature dovranno essere disposte su piani paralleli e perpendicolari alle loro generatrici;

b) per le volte a padiglione si disporranno due centine principali lungo gli spigoli e le altre su diversi piani verticali passanti per la chiave della volta e diretti perpendicolarmente ai lati del perimetro di base;

c) per le volte a crociera si dovrà predisporre l'armatura su ciascuna delle volte a botte da cui origina; si metteranno in opera quattro centine perimetrali unite da due centine diagonali, disposte secondo gli spigoli risultanti dall'intersezione delle due botte;

d) per la volta a vela si disporranno quattro centine perimetrali al fine di sostenere gli archi di imposta, ad esse si uniranno altre centine centrali, di norma disposte radialmente a sostenere l'intradosso della volta.

In linea generale non si dovrà puntellare mai la chiave se cede una spalla così come mai i reni se si prevede di rimuovere i rinfianchi.

6. Specifiche sui campi di applicazione: le opere di presidio potranno essere messe in opera, a seconda delle esigenze, per demolizioni totali o parziali, per rimozioni, per consolidamenti in opera, nonché per eludere crolli improvvisi ovvero messa in sicurezza di masse murarie (solai, davanzali, volte, portali) o di terreno, per ritenimento di murature soggette a movimenti deformanti ed infine per assicurare l'integrità fisica degli addetti. Per ulteriori dettagli su armature e sbatacchiature si rimanda a quanto enunciato nell'articolo inerente le armature degli scavi.

7. **Avvertenza:** nel caso non ci siano le condizioni per affrontare una progettazione accurata del sistema di puntellamento sarà necessario demandare alla prassi esecutiva corrente la messa in opera del puntellamento provvisorio. In questo caso dovrà essere obbligatorio far svolgere i lavori di presidio sotto il continuo controllo del Tecnico incaricato del consolidamento definitivo.

8. Non di rado le opere di presidio saranno lasciate in opera per molto tempo, per tale motivo si renderà necessario predisporre adeguate protezioni al fine di evitare che le armature ovvero i puntelli possano deteriorarsi e/o perdere la loro efficacia e di conseguenza diventare essi stessi causa di nuovi dissesti per le strutture. Le opere di presidio dovranno, altresì, essere in grado di non trasmettere improprie sollecitazioni sia al manufatto oggetto di intervento sia a quelli limitrofi. Particolare attenzione dovrà, infine, essere fatta nella fase di rimozione delle armature di sostegno le quali dovranno essere "munite" di idonei dispositivi (ad es. cunei lignei) che, se in precedenza sono stati utili al fine di posizionare e controllare la messa in opera delle stesse, si rileveranno altresì utili per agevolare le operazioni di disarmo.

9. **Descrizione sommaria dei puntelli e dei ponteggi previsti in progetto.** Salvo diversamente indicato, i ponteggi da utilizzare per le opere di presidio e per le puntellature saranno i seguenti:

- elementi tubo in acciaio zincato classe S235;
- elementi giunto in acciaio zincato classe S355;
- diametro esterno elementi tubo 48.30 mm;
- spessore elementi tubo 3.20 mm;
- spessore elementi giunto 4.75 mm;
- elementi a telaio (impropriamente chiamati cavalle) equivalenti ai puntelli e ai ponteggi sopra elencati (come alternativa a questi ultimi, **solo nel caso sottomessi per approvazione, accettati e permessi dall'Ufficio della Direzione dei Lavori**);
- elementi in legno di supporto e/o distribuzione;
- altri elementi metallici prefabbricati e/o preformati per il superamento di specifiche difficoltà operative (dislivelli, strutture a ponte, travature reticolari, ecc.).

Si distinguono, tra gli altri, i seguenti interventi:

- opere provvisorie interne per la possibilità di eseguire i lavori a parete;
- opere provvisorie interne in elevazione per la possibilità di eseguire i lavori previsti all'interno della cupola sommitale;
- opere provvisorie esterne per la possibilità di lavorare sull'esterno delle pareti della parte basamentale della Chiesa e delle propaggini Sud della stessa;
- opere provvisorie esterne per il raggiungimento delle quote di copertura e per la possibilità di lavorare sull'esterno della copertura della parte basamentale della Chiesa e della copertura della cupola.

5.2. NOLEGGI

I noleggi sono riconosciuti come prestazione da compensare a parte solo quando non rientrano tra gli oneri generali a carico dell'Appaltatore o non risultino compresi nella formulazione dell'articolo che compensa la prestazione. Le macchine, gli attrezzi, i materiali, devono essere in perfetto stato di efficienza e completi degli accessori per il loro impiego.

I noli devono essere espressamente richiesti, con ordine di servizio, dalla Direzione dei Lavori e sono retribuibili solo se non sono compresi nei prezzi delle opere e/o delle prestazioni.

Per quanto concerne le attrezzature ed i macchinari, l'Appaltatore dovrà curare la loro omologazione secondo le norme e leggi vigenti sia per quanto riguarda l'utilizzo che per quanto concerne le verifiche ed i collaudi. Per quanto riguarda i ponteggi d'opera e strutturali, devono rispondere ai requisiti previsti dalle vigenti normative e leggi in materia di sicurezza.

Macchine ed attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di esercizio ed essere provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro funzionamento. Sono a carico esclusivo dell'Impresa la manutenzione degli attrezzi e delle macchine affinché siano in costante efficienza.

Il nolo si considera per il solo tempo effettivo, ad ora o a giornata di otto ore, dal momento in cui l'oggetto noleggiato viene messo a disposizione del committente, fino al momento in cui il nolo giunge al termine del periodo per cui è stato richiesto.

Salvo diversamente indicato, tutti i noli si intendono comprendere i trasporti dal luogo di provenienza al cantiere e viceversa, il montaggio e lo smontaggio, la manodopera, i combustibili, i lubrificanti, i materiali di consumo, l'energia elettrica, lo sfrido e tutto quanto occorre per il funzionamento dei mezzi.

Per il noleggio dei carri e degli autocarri verrà corrisposto soltanto il prezzo per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

5.3. TRASPORTI

Qualora dovuto, il trasporto sarà compensato a metro cubo di materiale trasportato, oppure come nolo orario di automezzo funzionante. Se la dimensione del materiale da trasportare è inferiore alla portata utile dell'automezzo richiesto a nolo, non si prevedono riduzioni di prezzo.

Nei prezzi di trasporto sarà compresa la fornitura dei materiali di consumo e la manodopera del conducente.

6. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI

6.1. GENERALITÀ

Le lavorazioni strutturali previste dovranno rispettare quanto indicato in questo stesso documento, negli elaborati tecnici di progetto e, in particolare, nei disegni e nei particolari di dettaglio delle singole lavorazioni (e nelle annesse fasi esecutive di lavoro).

6.2. GENERALITÀ SUI CONSOLIDAMENTI

1. I consolidamenti strutturali previsti dovranno rispettare quanto indicato in questo stesso documento, negli elaborati tecnici di progetto e, in particolare, nei disegni e nei particolari di dettaglio delle singole lavorazioni (e nelle annesse fasi esecutive di lavoro).

2. Per quanto possibile (e comunque in accordo alle proposte di variazione approvate dalla Direzione Lavori) le principali fasi di lavoro dei consolidamenti previsti dovranno rispettare quelle di progetto.

3. La filosofia degli interventi di consolidamento previsti in progetto è riportata nell'articolo pertinente. Tutti gli interventi dovranno concorrere a raggiungere gli scopi da essa indicati.

4. L'intervento di consolidamento non deve tradursi nell'introduzione di strutture che, pur garantendo una elevata resistenza meccanica, risultano corpi estranei per la struttura; l'incompatibilità materica genera un ibrido strutturale che difficilmente può mantenere un comportamento solidale in presenza di sollecitazioni. Questo dato, comprovato da interventi passati spesso intrusivi, ha fatto riflettere su come **sia sconsigliabile attuare a priori un consolidamento prescindendo dalla conoscenza dei materiali e della relativa tecnica costruttiva di messa in opera.**

Il consolidamento descritto in progetto tiene conto dei fattori principali che hanno caratterizzato la resistenza e il comportamento statico delle strutture, tra i quali la natura dei materiali, le loro caratteristiche, la tipologia di messa in opera, le sezioni resistenti, ecc.

6.3. INDAGINI PRELIMINARI PRE-DEMOLIZIONI

1. In casi eccezionali, quando richiesto esplicitamente dalla Direzione Lavori, ai fini dell'accertamento delle caratteristiche costruttive strutturali, prima di iniziare una procedura di demolizione e/o rimozione e, più in generale, altra procedura anche solo parzialmente distruttiva (specialmente su manufatti di particolare pregio storico-architettonico quale quello in oggetto), risulterà necessario operare una serie di ulteriori indagini preventive finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati inerenti la reale natura del materiale e il relativo stato di conservazione.

2. Sarà, pertanto, necessario redigere una sorta di pre-progetto capace di far comprendere la porzione del manufatto interessata dall'intervento, nella sua totalità e complessità. Tali dati risulteranno utili al fine di poter ricostruire, ad esempio, le stratigrafie murarie così da procedere in maniera corretta e attenta. Il progetto d'indagine diagnostica non dovrà, soltanto, anticipare l'intervento vero e proprio, ma ne dovrà far parte, guidando i lavori previsti, verificandone la validità, indicando, casomai, nuove soluzioni.

6.4. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

1. Prima dell'inizio dei lavori di demolizione è obbligatorio procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e stabilità delle strutture da demolire. In funzione del risultato dell'indagine si procederà poi all'esecuzione delle opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie ad evitare crolli improvvisi durante la demolizione. **Tutte le demolizioni dovranno essere precedute dalla richiesta scritta di approvazione da consegnare alla Direzione Lavori;** nessuna demolizione (incluse le rimozioni) potrà essere iniziata senza tale approvazione. Prima delle demolizioni, nei **casi in cui le future ricostruzioni dovessero replicare la geometria esistente iniziale**, sarà obbligo dell'Appaltatore procedere al rilievo di dettaglio di livelli e quote plano-altimetriche esistenti in genere e alla loro archiviazione e materializzazione in cantiere per le lavorazioni successive.

2. Le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc. (sia parziali che complete) devono essere eseguite con cautela dall'alto verso il basso e con le necessarie precauzioni, in modo tale da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, non danneggiare le residue murature ed evitare incomodi o disturbo.
3. La successione dei lavori deve essere indicata in un apposito programma firmato dall'Appaltatore e dalla Direzione Lavori e deve essere a disposizione degli ispettori di lavoro.
4. È assolutamente vietato gettare dall'alto materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso tramite opportuni canali il cui estremo inferiore non deve risultare a distanza superiore ai 2 m dal piano raccolta. È assolutamente vietato sollevare polvere, per cui tanto le murature quanto i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.
5. Durante le demolizioni e le rimozioni, l'Appaltatore dovrà provvedere alle puntellature eventualmente necessarie per sostenere le parti che devono permanere e dovrà procedere in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono potersi ancora impiegare nei limiti concordati con la Direzione dei Lavori, sotto pena di rivalsa di danni a favore della Stazione Appaltante.
6. Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, devono essere opportunamente puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla Direzione stessa, usando cautele per non danneggiarli, sia nella pulizia sia nel trasporto sia nell'assestamento, e per evitarne la dispersione. Detti materiali restano tutti di proprietà della Stazione Appaltante, la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati. I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni devono essere sempre trasportati dall'Appaltatore fuori del cantiere nei punti indicati od alle pubbliche discariche.
7. Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni prescritte. Quando, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, le parti indebitamente demolite saranno ricostruite e rimesse in ripristino a cura e spese dell'Appaltatore, senza alcun compenso.
8. In particolare, la demolizione o il taglio a forza di muratura di qualsiasi genere, forma e spessore nonché di volte e voltine compresi intonaci, rivestimenti, coibenti, tubazioni di qualsiasi natura (canalizzazioni idriche, termiche, elettriche, telefoniche, gas ecc.), dovranno essere eseguiti con martello demolitore ed a qualsiasi altezza o profondità, con obbligo del taglio secondo linee stabilite, segnalazioni diurne e notturne e l'adozione di tutti gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità degli operai e del pubblico, riparazioni per danni arrecati a terzi e a condutture pubbliche e private (fogne, gas, acqua, elettricità, telecomunicazioni, ecc.), compreso il tiro in discesa dei materiali, il trasporto all'interno del cantiere, la cernita e l'accatastamento nei siti che verranno indicati dalla Direzione dei Lavori nell'ambito del cantiere dei materiali riutilizzabili, che rimarranno di proprietà dell'Amministrazione.

6.5. DEMOLIZIONI LOCALIZZATE SU MURATURA

1. Taglio di superfici verticali con seghe elettriche, elettro-idrauliche o con motore a scoppio per la creazione di giunti, tagli, aperture di vani porta, finestre e demolizioni controllate. Le operazioni di demolizione dovranno essere precedute dal tracciamento preciso sul manufatto da alterare delle sagome e delle impronte di taglio e/o di demolizione. Il lavoro dovrà avvenire minimizzando l'impatto dello stesso sulle strutture limitrofe, adiacenti e circostanti, specie in termini di vibrazioni.
2. La fase di demolizione di porzioni di muratura per l'apertura di vani più o meno ampi deve essere eseguita dopo la preventiva messa in sicurezza dell'area e, per quanto possibile, dopo aver realizzato il rinforzo dell'architrave ovvero dei telai e comunque procedendo dall'alto verso il basso. Inoltre, durante la fase di demolizione deve essere mantenuta l'opera di puntellamento delle strutture direttamente interessate dalle porzioni da demolire.
3. Le forometrie e i tagli a sezione obbligata da eseguire su pilastri, maschi e setti in muratura in accordo a quanto indicato nel progetto strutturale dovranno essere realizzati così come riportato sugli elaborati grafici di riferimento.
4. Per le forometrie e i tagli a sezione obbligata da eseguire su pilastri, maschi e setti in muratura indicati soltanto nel progetto degli impianti o in quello architettonico, qualora non fosse esplicita la possibilità di applicare per questi fori (o tagli), di particolari strutturali tipologici già adottati, si attenderanno istruzioni dalla Direzione Lavori.

5. Nell'esecuzione dei fori e/o dei tagli in oggetto si dovrà aver cura che essi siano allineati per lo più in direzione verticale, per evitare indebolimenti della sezione resistente. Qualora ciò non sia possibile, in mancanza di specifici dettagli strutturali di progetto, l'Appaltatore avrà la responsabilità di avvisare la Direzione Lavori ed attendere istruzioni precise in merito.

6. Si rimanda agli articoli precedenti per tutte le indicazioni generali afferenti alle attività di rimozione e demolizione.

7. Si rimanda al progetto e a quanto scritto in questo stesso documento per le prescrizioni sugli eventuali necessari interventi di rinforzo e consolidamento pertinenti.

6.6. STONACATURE

Scrostamento di intonaco interno od esterno, di qualsiasi tipo, sia rustico che civile, compresa la rimozione delle parti degradate o in distacco, la spicconatura fino al vivo della muratura, la spazzolatura, il lavaggio e la pulizia della superficie scrostata per allontanare polvere e parti incoerenti.

Le fasi di lavoro maggiormente significative sono:

- la rimozione: demolizione dell'intonaco con mezzi manuali o meccanici, non invasivi, incapaci di produrre vibrazioni pericolose per la muratura;
- la picchettatura: rimozione delle parti decoese con pulizia elementare dei giunti murari;
- le movimentazioni: carico e trasporto in discarica dei materiali di risulta;
- la pulizia finale (o comunque la preparazione finale delle superfici alla successiva fase di lavoro): spazzolatura e lavaggio delle superfici (con metodi approvati dalla Direzione dei Lavori).

La muratura a vivo così lavorata dovrà essere pronta per le successive nuove lavorazioni previste.

6.7. STILATURA PROFONDA DEI GIUNTI

1. Prima dell'applicazione degli impasti, si dovranno rimuovere tutte le parti in via di distacco o asportabili con facilità delle stilature presenti, passando, quindi, alla nuova stilatura dei giunti con malte adeguate. Oltre alla rimozione delle parti mobili, utilizzando anche scalpelli e utensili di questo tipo, le superfici da trattare dovranno essere adeguatamente pulite.

2. Dovranno essere seguite le fasi di lavoro seguenti.

SCARNITURA E STILATURA PROFONDA DEI GIUNTI
FASI ESECUTIVE

1. Garantire le condizioni di sicurezza per operare. Verificare eventuali supporti e puntellature esistenti. Integrare, qualora fosse necessario, la puntellatura esistente inclusi morali, moraletti, puntelli, controventi, tavolati, ecc. Nota bene: la rimozione eventuale dei puntelli dovrà essere eseguita per settori da stabilire di concerto con la Direzione Lavori.
2. Rimozione dell'eventuale intonaco (ove presente), mettendo a nudo la superficie della muratura da consolidare.
3. Asportazione delle parti eventualmente ammalorate, degradate, instabili, non consistenti e/o in distacco (anche parziale o incipiente).
4. Scarnitura dei giunti (circa 40 mm) e successiva pulizia degli stessi, utilizzando mezzi meccanici quali stecche da stilatura e lame dentate. Rimozione delle polveri e dello sporco tramite spazzolatura e utilizzando, come necessario, aria compressa.
5. Abbondante lavaggio con acqua (al fine di evitare l'assorbimento da parte del muro dell'acqua di impasto della malta utilizzata per la successiva stilatura). Al termine di questa fase i giunti dovranno essere puliti ed avere una superficie convenientemente scabra.
6. Esecuzione della stilatura in profondità, per tutta la lunghezza dei giunti: applicazione con spatola e cazzuola di malta fibrorinforzata a base di calce idraulica e pozzolana (resistenza a compressione non minore di 10 N/mm²) in strati successivi (in funzione della effettiva profondità da riempire).
7. Attesa dei tempi di maturazione della malta.

Figura 14. Fasi esecutive di lavoro per la stilatura dei giunti.

6.8. CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE TRAMITE INIEZIONI

1. La procedura è indicata, in generale, in presenza di lesioni diffuse e per apparecchi murari in muratura e/o pietra, dove spesso è possibile riscontrare dei vuoti e delle soluzioni di continuità interne presenti fin dall'origine, oppure formatesi a causa di dissesti o fenomeni di alterazione di diversa natura. L'intervento è ubicato negli elaborati grafici del progetto esecutivo strutturale.

2. L'intervento dovrà prevedere una preventiva **attenta analisi della struttura** al fine di individuare l'esatta localizzazione delle sue cavità, la natura e la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono. Le indagini diagnostiche potranno essere eseguite attraverso tecniche comuni come la percussione della muratura oppure, ricorrendo a carotaggi con prelievo di materiale, a sondaggi endoscopici o, in funzione dell'importanza del manufatto e solo dietro specifica indicazione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, radarstratigrafie ecc.). Si veda anche quanto scritto circa le prescrizioni tecniche per l'esecuzione di indagini, saggi ed analisi preliminari.

3. Prove di permeabilità

In presenza di murature particolari e ogni qualvolta richiesto dalla Direzione Lavori, con elevati spessori e di natura incerta sarà inoltre obbligatorio attuare verifiche di consolidamento utilizzando differenti tipi di miscele su eventuali campioni tipo, così da assicurarsi che l'iniezione riesca a penetrare fino al livello interessato. Si dovrà quindi verificare puntualmente (e comunque in maniera tipologica per zone già riconosciute analoghe le une alle altre) la permeabilità della muratura ovvero la capacità di assorbimento della miscela consolidante da parte di questa. In presenza di murature in pietra incerta potrà risultare più conveniente non rimuovere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eventuale, eccessivo, trasudamento della miscela legante: seguire scrupolosamente, in tal senso, le direttive e le consegne della Direzione dei Lavori.

4. Sarà vietato effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, l'utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva approvazione dopo l'esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato (in caso di utilizzo di materiali organici dovranno essere segnati gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzato), le modalità ed i tempi di applicazione.

5. Le zone d'intervento mostrate negli elaborati grafici di progetto devono essere intese come indicative. L'intervento dovrà essere esteso ovunque a giudizio della Direzione Lavori si individuino danni con caratteristiche lesive tali da richiedere il consolidamento in oggetto.

6. Nessun beneficio si potrà ottenere da questa procedura se il setto murario oggetto di intervento non presenta cavità e fessure grossolane. L'apparecchio murario dovrà, quindi, essere sufficientemente iniettabile, ovvero dovrà presentare una struttura con una appropriata continuità tra i vuoti e, allo stesso tempo, la boiaccia legante dovrà essere pensata in modo da assicurare un'idonea penetrabilità ossia una fluidità atta a rispettare i tempi di esecuzione richiesti.

7. Per le **single fasi della procedura operativa da applicare** valgono le prescrizioni elencate appresso.

Preparazione del supporto

Stuccatura e/o sigillatura, su entrambe le facce della muratura, di tutte le fessure, sconnessioni, piccole fratture dei conci di pietra e/o laterizio e dei giunti di malta, così da avere un apparecchio murario "perfettamente chiuso", capace di ovviare l'eventuale trasudamento esterno delle malte da iniettare: **qualora si operasse su murature intonacate sarà necessario accertare l'idoneità del rivestimento per l'esecuzione delle successive fasi.**

In alternativa alla stuccatura, per evitare la fuoriuscita di malta tra le pietre a facciavista, sarà possibile frapporre della stoppa o altro materiale occultante, in seguito removibile.

Esecuzione dei fori

L'esecuzione di perforazioni seguirà le indicazioni di progetto in base al quadro fessurativo ed al tipo di struttura (nel caso specifico sono previsti 6 fori ogni metro quadrato); detti fori, di diametro opportuno (circa 25 mm), saranno eseguiti mediante strumento a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Negli apparecchi murari in pietrame, i fori dovranno essere, se non diversamente prescritto, perpendicolari alle superfici ma con leggera pendenza (circa il 10%) a scendere verso l'interno, così da facilitare l'introduzione della miscela, eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta ad una distanza di circa 40 cm in ragione della consistenza del muro. Nelle murature in laterizi pieni la distanza tra i fori non dovrà superare i 40 cm. In ogni caso si raggiungeranno risultati migliori con un numero elevato di fori di piccole dimensioni piuttosto che con un numero modesto di grosso diametro.

Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando l'effettiva sovrapposizione e comunicazione delle aree iniettate (disposizione a quinconce), tramite l'utilizzo di appositi tubicini "testimone" dai quali potrà fuoriuscire l'esubero di miscela iniettata. I tubicini (con un diametro di circa 20 mm) verranno introdotti ed in seguito sigillati con la stessa malta di iniezione a consistenza più densa (diminuendo cioè il quantitativo d'acqua nell'impasto). Durante questa operazione sarà necessario evitare che le eventuali sbavature vadano a degradare in modo irreversibile l'integrità degli strati di rivestimento limitrofi; nel caso di fuoriuscite di colature queste dovranno essere celermente pulite mediante spugnette assorbenti imbevute di acqua deionizzata. Al fine di garantire una corretta diffusione della miscela, sarà consigliabile praticare dei fori profondi circa 2/3 dello spessore dei muri.

In presenza di spessori inferiori ai 60 cm, le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; oltre i 60 cm sarà necessario, di norma, operare su entrambe le facce (come prescritto dalla Direzione Lavori); nel caso in cui lo spessore risulti ancora maggiore o ci si trovi nell'impossibilità di iniettare su entrambe le facce, si dovrà perforare la muratura da un solo lato per una profondità del foro pari a circa i 3/4 dello spessore del muro e mai di valore inferiore ai 10 cm. In presenza di cortine murarie in laterizio pieno sarà utile prevedere perforazioni inclinate di almeno 40-45° verso il basso fino a ottenere una profondità di 30-35 cm (in ogni caso stabilita in rapporto alla sezione del muro); tale operazione sarà conveniente al fine di ripartire meglio la boiaccia e per rendere partecipi i diversi strati di malta.

Precedentemente all'iniezione (almeno 24 ore prima) dovrà essere iniettata acqua nel circuito chiuso d'iniezione, al fine di saturare la massa muraria e di mantenere la densità della miscela. L'operazione di prelavaggio (eseguita con acqua pura, eventualmente deionizzata) sarà, inoltre, conveniente sia per confermare le porzioni delle zone oggetto d'intervento, (corrispondenti alle zone umide), sia per segnalare l'esistenza d'eventuali lesioni non visibili. Durante la suddetta fase di pulitura-lavaggio si dovranno effettuare, se necessarie, le eventuali operazioni supplementari di rinzaffo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

Iniezione della boiaccia legante

L'iniezione delle miscele (che, di norma dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi ed impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0.5 e 1.5 atm, in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Nel caso in cui il dissesto risulterà circoscritto ad una zona limitata sarà opportuno dare precedenza alle parti più danneggiate (utilizzando una pressione non troppo elevata e, se sarà necessario eseguire un pre-consolidamento, con boiaccia molto fluida colata mediante imbuto, prima delle perforazioni, in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura), per poi passare alle rimanenti, utilizzando una pressione maggiore. Le iniezioni procederanno per file parallele, dal basso verso l'alto, dai lati esterni e, simmetricamente, verso il centro al fine di evitare squilibri di peso ed impreviste alterazioni nella statica della struttura. Il volume di miscela iniettata non dovrà superare i 100-120 litri per metro cubo. Ad ogni modo, esso sarà costantemente monitorato e verificato rispetto alle previsioni di progetto.

Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiaccia non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. L'iniezione ad un livello superiore sarà eseguita, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, solo quando tutti i tubi di iniezione, posti alla medesima quota, risulteranno intasati. Sarà, inoltre, opportuno aumentare la pressione d'immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento potrà essere di 1-2 atmosfere ogni 3-3.5 metri lineari di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

In alternativa, e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà iniettare la boiaccia per gravità; la procedura seguirà le fasi precedentemente indicate per l'iniezione a pressione salvo alcune precisazioni. Questa tecnica dovrà essere preferita a quella a pressione nel caso in cui la muratura risulti in uno stato avanzato di degrado tale da non poter sopportare sovrappressioni o perforazioni. Previa preiniezione di acqua fino a saturazione si procederà a far penetrare la miscela dall'alto attraverso appositi boccagli ad imbuto localizzati in lesioni o lacune (eventualmente "aiutate" asportando materiale deteriorato). Gli imbuti verranno rabboccati fino a che non si svuoteranno più, la procedura seguirà cantieri orizzontali (di circa 60-70 cm di altezza) dal basso verso l'alto; passate 24-48 ore si rabboccherà nuovamente con la miscela a base di calce idraulica così da saturare le eventuali fessure formatesi per il ritiro; l'utilizzo di additivi antiritiro nelle miscele eviterà, di norma, questo ulteriore passaggio. Nel caso di murature a secco sarà necessario prevedere un ulteriore accorgimento, prima di procedere alla colatura della miscela legante. Le operazioni preliminari prevedranno, salvo diverse specifiche della D.L., oltre alla sigillatura profonda con malta a base di calce idraulica naturale, il posizionamento di guaina di protezione lungo l'apparecchio, la successiva messa in opera di cassaforma di contenimento a distanza di circa 15-20 cm e il successivo riempimento dello spazio tra cassaforma ed apparecchio con sabbia od altro materiale indicato dalla D.L.

Ad indurimento della miscela (dopo circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi ed i fori sigillati con malta appropriata (si rimanda a quanto detto negli articoli riguardanti le stuccature).

8. Non sarà assolutamente consentita, salva diversa prescrizione della D.L., la demolizione d'intonaci e stucchi; sarà anzi necessario provvedere al loro preventivo consolidamento e/o ancoraggio al paramento murario prima di procedere all'esecuzione della suddetta procedura.

9. Quando necessario, il collaudo del consolidamento andrà eseguito dopo 90 giorni dall'esecuzione delle iniezioni.

10. Avvertenze

Prima dell'esecuzione del lavoro, procedere alla ricostruzione di eventuali parti mancanti o particolarmente danneggiate in accordo alle istruzioni fornite dalla Direzione Lavori.

Procedere preventivamente alla riparazione di eventuali lesioni in accordo alle istruzioni della Direzione Lavori e come istruito in questo stesso documento.

Procedere preliminarmente alla individuazione e alla materializzazione dei punti in cui verranno eseguiti i fori per gli eventuali successivi connettori dell'intonaco armato. I punti dovranno essere situati nei giunti di parete, circa a quinconce rispetto ai fori di iniezione. Una volta individuati, tali punti potranno essere materializzati per le successive fasi esecutive con chiodi in ferro inseriti ortogonalmente rispetto alla parete.

Laddove necessario, al fine di creare una superficie esterna stagna, procedere ad una preliminare applicazione di uno strato sigillante di intonaco di rinforzo (uno o più livelli da 15÷20 mm); tale strato servirà a regolarizzare e sigillare la superficie della parete, a scongiurare fuoriuscite future di acqua e/o miscela.

6.9. APPLICAZIONE DI INTONACO DEUMIDIFICANTE

1. Laddove previsto, nel caso in cui la struttura da risanare sia interessata da forte presenza di umidità di risalita capillare e da notevoli concentrazioni di sali solubili, si procede alla applicazione di intonaco deumidificante adeguato al fine di smaltire anche quella poca umidità che non dovesse essere intercettata dalla barriera chimica.

2. Caratteristiche specifiche dell'intervento

Fornitura e posa in opera di malta per intonaci deumidificanti, resistente ai sali, a base di calce ed Eco-Pozzolana, esente da cemento, sabbie naturali, materiale riciclato, speciali additivi e microfibre, a bassissime emissioni di sostanze organiche volatili (EMICODE EC1 Plus) tipo Mape-Antique MC della MAPEI S.p.A. o prodotto equivalente approvato, per il risanamento di edifici esistenti, anche di pregio storico ed artistico, interessati dalla presenza di umidità di risalita capillare e sali solubili.

La malta dovrà consentire di realizzare in cantiere degli intonaci deumidificanti macroporosi, facilmente applicabili a cazzuola, resistenti alle diverse aggressioni chimico-fisiche, in particolare alla presenza di sali solubili, ai cicli di gelo-disgelo e all'azione dilavante delle acque piovane. L'applicazione dell'intonaco deumidificante dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto e, comunque, solo dopo aver applicato un primo strato di rinzafo (tipo Mape-Antique Rinzafo della MAPEI S.p.A. o prodotto equivalente approvato), al fine di uniformare l'assorbimento del supporto, migliorare l'adesione dell'intonaco e rallentare il trasferimento dei sali.

Effettuare l'idrolavaggio della superficie al fine di rimuovere qualsiasi materiale e sostanza che possa pregiudicare l'adesione dei prodotti che verranno impiegati successivamente, sino ad ottenere un supporto pulito, sano e compatto, privo di parti friabili, polvere, sporco, muffe e sali solubili.

Applicare lo strato di rinzafo a cazzuola, in uno spessore di ca. 5 mm, a totale copertura del supporto da intonacare, partendo dalla parte bassa della muratura.

Attendere il "rapprendimento" del rinzafo, quindi, applicare l'intonaco deumidificante a cazzuola, in uno spessore non minore di 20 mm (unico strato max 30 mm), partendo dalla parte bassa della muratura verso la sua sommità. Nel caso in cui lo spessore da riportare sia superiore a 30 mm, applicare l'intonaco in più mani, avendo l'accortezza di realizzare i diversi strati successivi, su quello precedente non frattazzato.

Dopo l'applicazione attendere alcuni minuti prima di procedere alla livellatura con staggia di alluminio ad "H" o a coltello, con passaggi in senso orizzontale e verticale, sino ad ottenere una superficie piana. Rimuovere le guide verticali, qualora utilizzate, riempiendo i vuoti con lo stesso prodotto. Rifinire la superficie dell'intonaco con frattazzino di spugna leggermente inumidito.

In accordo alla norma EN 998-1, il prodotto dovrà essere classificato come R: "Malta per risanamento. Malta progettata per intonaci interni/esterni utilizzata su pareti di muratura umide contenenti sali solubili in acqua", di Categoria CS II.

6.10. RISARCITURA DELLE LESIONI E DELLE DISCONTINUITÀ A PARETE

1. Durante l'esecuzione dei lavori in sito, si dovrà procedere alla risarcitura delle lesioni, in conformità alle disposizioni della Direzione Lavori. L'intervento dovrà prevedere una preventiva attenta analisi visiva della struttura al fine di individuare l'esatta localizzazione delle eventuali riscontrate cavità, la natura e la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono, almeno con riferimento all'affinità rispetto alle strutture in muratura già indagate nel dettaglio in sede di progettazione degli interventi.

2. Le principali fasi esecutive dell'intervento in oggetto sono elencate sotto:

- l'intervento ripristina le lesioni cementandole con collaggio di boiaccia pozzolanica;
- a cavallo della lesione, la muratura dovrà essere perforata ed i fori dovranno essere otturati da un solo lato;
- si procederà quindi alla stuccatura dei giunti ed al lavaggio interno dei muri;
- nei fori verranno quindi inseriti degli imbuti collegati a boccagli per il collaggio della boiaccia; nel caso di vuoti e lesioni saranno effettuate iniezioni dopo aver praticato una scarnitura profonda dei giunti murari e dopo aver effettuato lavaggio con acqua a pressione fino a rifiuto;
- i giunti dovranno essere stilati con malta di calce idraulica e sabbia a grana grossa;
- a questo punto saranno eseguiti dei fori nei quali si inseriranno e si fisseranno dei tubi di iniezione tramite i quali sarà immessa la miscela; tutte le operazioni dovranno essere eseguite con procedura di esecuzione approvata dalla Direzione Lavori.

3. Salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, coordinare l'eventuale demolizione d'intonaci e/o altre finiture con quanto prescritto nel progetto.

4. Quando necessario, il collaudo del consolidamento andrà eseguito dopo 90 giorni dall'esecuzione delle iniezioni.

5. Prima dell'applicazione degli eventuali intonaci, dovranno essere garantite le corrette condizioni di adesione e aggrappaggio, eventualmente, come istruito dalla Direzione Lavori, mediante la preventiva applicazione di prodotto aggrappante adeguato.

6. Per murature con affreschi, stucchi o altri elementi di pregio, il lavaggio delle lesioni può essere effettuato in maniera specifica, senza il ricorso a grandi afflussi di acqua in pressione, come istruito dalla Direzione Lavori.

6.10.1. Generalità

Il rilievo del quadro fessurativo acquisito costituisce il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni locali e localizzate di salvaguardia e di risanamento statico. Il rilievo in oggetto mostra, per quanto concerne il quadro fessurativo di parete, le lesioni minori e quelle maggiori.

Durante l'esecuzione dei lavori in sito, **nel caso d'avanzamento accelerato di uno dei dissesti indicati**, si potrà rivelare utile un intervento di emergenza attraverso idonei presidi provvisori, in conformità alle disposizioni della Direzione Lavori.

La procedura è indicata, in generale, in presenza di lesioni (come definite ed indicate negli elaborati grafici di progetto), dove talvolta è possibile comunque riscontrare dei vuoti e delle soluzioni di continuità interne presenti fin dall'origine, oppure formatesi a causa di dissesti o fenomeni di alterazione di diversa natura.

L'intervento dovrà prevedere una **preventiva attenta analisi visiva della struttura** al fine di individuare l'esatta localizzazione delle eventuali riscontrate cavità, la natura e la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono, almeno con riferimento all'affinità rispetto alle strutture in muratura già indagate nel dettaglio in sede di progettazione degli interventi.

6.10.2. Prove di permeabilità

In presenza di murature particolari e ogni qualvolta richiesto dalla Direzione Lavori, con spessori elevati e di natura incerta sarà inoltre obbligatorio attuare verifiche di consolidamento utilizzando differenti tipi di miscele su eventuali campioni tipo, così da assicurarsi che l'iniezione riesca a penetrare fino al livello interessato. Si dovrà quindi verificare puntualmente (e comunque in maniera tipologica per zone già riconosciute analoghe le une alle altre) la permeabilità della muratura ovvero la capacità di assorbimento della miscela consolidante da parte di questa. In presenza di murature in pietrame incerto potrà risultare più conveniente non rimuovere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eventuale, eccessivo, trasudamento della miscela legante. L'apparecchio murario dovrà comunque essere sufficientemente iniettabile (almeno nella zona lesionata), ovverosia dovrà presentare una struttura con una appropriata continuità tra i vuoti e, allo stesso tempo, la boiaccia legante dovrà essere pensata in modo da assicurare un'idonea penetrabilità ossia una fluidità atta a rispettare i tempi di esecuzione richiesti.

6.10.3. Preparazione del supporto

Stuccatura e/o sigillatura di tutte le fessure, sconnessioni, piccole fratture dei conci di pietra e/o laterizio e dei giunti di malta, così da avere un apparecchio murario "perfettamente chiuso", capace di ovviare l'eventuale trasudamento esterno delle malte da iniettare: qualora si operasse su murature intonacate sarà necessario accertare l'idoneità del rivestimento per l'esecuzione delle successive fasi. In alternativa alla stuccatura, per evitare la fuoriuscita di malta tra le pietre a facciavista, sarà possibile frapporre della stoppa o altro materiale occultante, in seguito removibile.

**RISARCITURA LESIONI SU MURATURA
FASI ESECUTIVE**

1.
La risarcitura in oggetto dovrà essere eseguita sulle lesioni indicate in progetto, su quelle visibili in cantiere e su quelle che si rendessero visibili durante l'esecuzione dei lavori di progetto.
2.
La risarcitura in oggetto può avvenire, in funzione dell'ubicazione delle lesioni riscontrate, da intradosso, da estradosso oppure sia da intradosso che da estradosso.
3.
Nel caso la presenza della lesione fosse suggerita o resa presumibile dalla presenza di lesioni, fratture o danneggiamenti di altro genere delle finiture superiori (a estradosso) o inferiori (a intradosso), l'Appaltatore provvederà a risarcire la eventuale lesione strutturale riscontrata, dopo aver provveduto alla locale rimozione delle finiture interessate, come istruito dalla Direzione Lavori.
4.
Nel caso la lesione interessi superfici affrescate o di pregio, tutte le seguenti attività dovranno essere coordinate con quanto indicato nel progetto architettonico e di restauro.
Proteggere tutte le superfici di pregio.
5.
Asportazione di eventuali intonaci fatiscenti, rimozioni di parti in distacco o in incipiente distacco, scarnitura della lesione.
6.
Ove possibile, lavaggio con acqua iniettata in pressione fino a rifiuto. In presenza di stucchi e affreschi e ogni qualvolta istruito dalla Direzione Lavori, non dovranno essere utilizzati lavaggi abbondanti che possano compromettere l'integrità delle strutture e/o degli eventuali affreschi, stucchi e finiture di pregio.
7.
Stilatura profonda dei giunti con malta a base di calci idrauliche naturali, non reagenti.
8.
Esecuzione dei fori con perforatore a sola rotazione, preferibilmente di tipo manuale.
9.
Inserimento nella lesione dei tubetti di iniezione e di sfiato.
10.
Successiva sigillatura superficiale della lesione con idonea malta idraulica.
11.
Iniezione della miscela consolidante nei nuclei murari adiacenti alla lesione e nella lesione stessa fino a completa saturazione. Utilizzare un adeguato legante idraulico fillerizzato, resistente ai sali, a base di calce e pozzolana, per confezionare boiacche da iniezione superfluide per il consolidamento delle murature (resistenza a compressione a 28 giorni pari a 15 N/mm²) tipo MAPEI MAPE - ANTIQUE I-15. Nel caso di volte e/o pareti affrescate o stucchi di pregio, utilizzare un adeguato legante idraulico fillerizzato, resistente ai sali, a base di calce e pozzolana, per confezionare boiacche da iniezione superfluide per il consolidamento specifico di murature anche affrescate approvato da ISCR (resistenza a compressione a 28 giorni pari a 10 N/mm²) tipo MAPEI MAPE - ANTIQUE F21.
L'iniezione delle miscele (che, di norma, dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi ed impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0.5 atm e 1.5 atm, in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiacca non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. Ad indurimento della miscela (dopo circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi.
12.
Rimozione dei tubi, delle apparecchiature e delle strumentazioni. Sigillatura dei fori con malta appropriata approvata dalla Direzione dei Lavori.
13.
Locale pulizia finale delle superfici.

NOTE:

1. Salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, coordinare l'eventuale demolizione d'intonaci e/o altre finiture con quanto prescritto nel progetto architettonico ed in quello di restauro.
2. Quando necessario, il collaudo del consolidamento andrà eseguito dopo 90 giorni dall'esecuzione delle iniezioni.
3. Prima dell'applicazione degli intonaci, dovranno essere garantite le corrette condizioni di adesione e aggrappaggio, eventualmente, come istruito dalla Direzione Lavori, mediante la preventiva applicazione di prodotto aggrappante adeguato.

Figura 15. Fasi esecutive della risarcitura delle lesioni.

6.10.4. Esecuzione dei fori

L'esecuzione di perforazioni seguirà le indicazioni di progetto in base al quadro fessurativo ed al tipo di struttura (in assenza di queste si potranno operare fori, in corrispondenza della linea di lesione, ogni 25 cm circa); nel caso la muratura fosse di difficile iniettabilità, i fori dovranno essere ubicati nelle (o nelle immediate adiacenze delle) lesioni riscontrate. Detti fori, di diametro opportuno (mediamente sarà sufficiente un diametro di 16-24 mm), saranno eseguiti mediante strumento a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Negli apparecchi murari in pietrame, i fori dovranno essere, se non diversamente prescritto, perpendicolari alle superfici ma con leggera pendenza (circa il 10%) a scendere verso l'interno, così da facilitare l'introduzione della miscela, eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta ad una distanza di circa 25 cm in ragione della consistenza del muro. In ogni caso si raggiungeranno risultati migliori con un numero elevato di fori di piccole dimensioni piuttosto che con un numero modesto di grosso diametro.

Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando l'effettiva sovrapposizione e comunicazione delle aree iniettate (disposizione a quinconce), tramite l'utilizzo di appositi tubicini "testimone" dai quali potrà fuoriuscire l'esubero di miscela iniettata. I tubicini (con un diametro di circa 20 mm) verranno introdotti ed in seguito sigillati con la stessa malta di iniezione a consistenza più densa (diminuendo cioè il quantitativo d'acqua nell'impasto). Durante questa operazione sarà necessario evitare che le eventuali sbavature vadano a degradare in modo irreversibile l'integrità degli strati di rivestimento limitrofi; nel caso di fuoriuscite di colature queste dovranno essere celermente pulite mediante spugnette assorbenti imbevute di acqua deionizzata. Al fine di garantire una corretta diffusione della miscela, sarà consigliabile praticare dei fori profondi almeno quanto la metà dello spessore dei muri.

6.10.5. Iniezione della boiaccia legante

L'iniezione delle miscele (che, di norma dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi ed impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0.5 atm e 1.5 atm, in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Nel caso in cui il dissesto risulterà circoscritto ad una zona limitata sarà opportuno dare precedenza alle parti più danneggiate (utilizzando una pressione non troppo elevata e, se sarà necessario eseguire un pre-consolidamento, con boiaccia molto fluida colata mediante imbuto, prima delle perforazioni, in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura), per poi passare alle rimanenti, utilizzando una pressione maggiore. Le iniezioni procederanno per file parallele, dal basso verso l'alto, dai lati esterni e, simmetricamente, verso il centro al fine di evitare squilibri di peso ed impreviste alterazioni nella statica della struttura.

Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiaccia non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. L'iniezione ad un livello superiore sarà eseguita, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, solo quando tutti i tubi di iniezione, posti alla medesima quota, risulteranno intasati. Sarà, inoltre, opportuno aumentare la pressione d'immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento potrà essere di 1-2 atmosfere ogni 3-3.5 metri lineari di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

Ad indurimento della miscela (dopo circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi ed i fori sigillati con malta appropriata approvata dalla Direzione Lavori.

6.10.6. Coordinamento del restauratore responsabile deputato

Operando come previsto, **con il controllo ed il coordinamento dei restauratori responsabili**, sarà possibile provvedere adeguatamente le necessarie stuccature e sigillature sulle superfici decorate e sarà inoltre possibile monitorare e pulire prontamente eventuali sporcature o percolazioni non volute.

In tal modo, infine, tali eventualità saranno minimizzate in quanto il getto della malta a base di calce idraulica sarà diretto verso le superfici interne agli ambienti, non decorate.

6.11. RISARCITURE SULLA CUPOLA

1. Salvo diversa indicazione della D.L. il quadro fessurativo denunciato dalla cupola dovrà essere risanato mediante risarcitura delle murature da intradosso, come essa viene descritta in questo stesso documento.

2. Le zone da risarcire individuate nelle piante del progetto sono da considerarsi indicative. L'intervento dovrà essere esteso ovunque, a giudizio della Direzione Lavori, si individuino danni con caratteristiche lesive compatibili con l'intervento proposto.

3. Per i particolari ed i dettagli specifici dell'intervento si rimanda ai pertinenti elaborati grafici del progetto esecutivo delle strutture.

4. Si rimanda per tutti i dettagli e le specifiche tecniche delle singole fasi di lavoro a quanto scritto a proposito delle risarciture a parete.

6.11.1. Coordinamento del restauratore responsabile deputato

Operando come previsto, **con il controllo ed il coordinamento dei restauratori responsabili**, sarà possibile provvedere adeguatamente le necessarie stuccature e sigillature sulle superfici decorate e sarà inoltre possibile monitorare e pulire prontamente eventuali sporcature o percolazioni non volute.

In tal modo, infine, tali eventualità saranno minimizzate in quanto il getto della malta a base di calce idraulica sarà diretto verso le superfici interne agli ambienti, non decorate.

6.12. CHIUSURA STRUTTURALE DI VANI E NICCHIE SU MURATURA PORTANTE

L'intervento ha come obiettivo quello di ripristinare la continuità strutturale muraria tra la muratura immessa di nuova formazione e la muratura originale.

Si riportano sotto le **fasi di lavoro principali**:

- preliminarmente all'inizio dei lavori, dovranno essere garantite le condizioni di sicurezza per strutture e persone, incluse ovviamente le maestranze interessate;
- l'estensione della lavorazione di nuova costruzione muraria deve essere coordinata preliminarmente con le discipline interessate (struttura, architettura, impianti, ecc.);
- provvedere alla preparazione delle superfici perimetrali mediante rimozione a tratti del materiale, spicconatura, scarificazione e pulitura fino all'ottenimento di superfici atte all'implementazione della tecnica di scuci-cuci in accordo all'articolo pertinente;
- provvedere, dal basso verso l'alto, alla formazione del tratto di parete nuova con i materiali specificati (una miscela di malta a base di calce idraulica fibrorinforzata tipo MAPEI MAPE-ANTIQUE STRUTTURALE NHL (resistenza a compressione a 28 giorni pari a 15 N/mm²) e frammenti di laterizio (porzioni di mattoni pieni) o muratura compatibile e/o equivalente alla esistente).

1. La malta utilizzata può convenientemente essere additivata, specie nelle ammorsature con la muratura esistente, ad ottenere malte a ritiro compensato e leggermente espandenti. Nelle superfici di interfaccia tra muratura originale e di sostituzione può essere preso in considerazione dalla Direzione Lavori l'utilizzo di specifici prodotti adesivi per le riprese, favorenti aderenza ed aggrappaggio.

2. Superiormente, se la parete di nuova formazione è a contrasto con strutture esistenti rispetto alle quali occorre ripristinare la messa in carico, rinzauffare con malta espansiva iniettata per porre in compressione l'apparecchiatura muraria di nuova realizzazione.

3. Se espressamente indicato dagli elaborati di progetto o indicato dalla Direzione Lavori in accordo alla volontà dei responsabili per la proprietà e la tutela del bene, l'intervento di scuci e cucì potrà essere denunciato così da tutelare la stratigrafia stessa dell'edificio, realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarità delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

4. Il ripristino dell'intonaco (o altra finitura) dovrà essere fatto in accordo alle superfici adiacenti ovvero in accordo a quanto indicato nel progetto architettonico o di restauro ovvero come indicato dal Direttore dei Lavori.

6.13. RIPRISTINO DELLA CONTINUITÀ MURARIA CON MATERIALE COMPOSITO

1. Tutte le seguenti attività dovranno essere coordinate con quanto indicato nel progetto architettonico e di restauro. **Proteggere tutte le superfici di pregio.**

2. Esecuzione dei perfori (laddove previsti) di diametro pari a 8÷10 mm. Utilizzare strumenti funzionanti a sola rotazione, minimizzando le vibrazioni prodotte. Prima di eseguire i fori al fine di installare i perni in fibra aramidica sfioccati sui nastri di rinforzo, verificare il tipo e la qualità del supporto. Eseguire i fori ed installare i perni come indicato solo nel caso di supporti stabili e compatibili. In caso contrario, disporre i nastri come indicato senza implementazione di perni di alcun tipo. Al termine dell'esecuzione dei fori e comunque prima dell'inghisaggio dei perni in fibra aramidica, i fori stessi dovranno essere perfettamente puliti e tutti i residui e le polveri rimossi per aspirazione.

3. Preparazione del sottofondo. In corrispondenza delle porzioni interessate dal placcaggio, si procederà alla rimozione dei residui mediante asportazione meccanica con spazzola metallica, alla aspirazione delle polveri e alla regolarizzazione della superficie con malta tixotropica caricata con adeguata quantità di quarzo. La preparazione del sottofondo interesserà una larghezza pari a quella dei nastri più ulteriori 1÷2 cm (laddove disponibili, altrimenti la preparazione della superficie dovrà essere estesa almeno alla zona interessata dall'applicazione del tessuto).

4. Verifica delle condizioni ambientali (in accordo a quanto stabilito e dichiarato dal fornitore di adesivo e nastri da applicare).

5. A regolarizzazione già asciutta, applicazione, su tutta la superficie trattata, di opportuno primer compatibile con l'adesivo e i nastri da applicare.

6. Una volta asciugato il primer, stesura del primo strato di adesivo.

7. Applicazione, sulla resina ancora fresca, del nastro, utilizzando un rullo al fine di eliminare tutta l'aria eventualmente intrappolata e per consentire la penetrazione dell'adesivo tra le fibre. I nastri dovranno comunque essere distanziati sempre non meno di 20 mm dal volume interno della Chiesa.

8. Posa ed inghisaggio dei perni (laddove previsti). Connettori sfioccati: usare connettori sfioccati in fibra unidirezionale aramidica per il ripristino ed il rinforzo strutturale. Il connettore consente di realizzare un ancoraggio in fibra in opera costituito da un fascio di fibre lunghe unidirezionali, trattenute da una speciale calza che dà una forma cilindrica al sistema medesimo, sia prima sia dopo l'impregnazione delle fibre con idonea matrice. Il sistema consente di realizzare connettori di varia lunghezza e diametro in funzione delle necessità del rinforzo strutturale. Il cordone è reso rigido solamente dopo l'impregnazione e indurimento dell'adesivo. Il diametro nominale del connettore dovrà essere quello specificato e il fiocco viene tagliato della lunghezza necessaria unitamente alla calza che lo avvolge.

9. Applicazione del secondo strato di adesivo.

10. Locale pulizia finale delle superfici.

6.14. NUOVI INCATENAMENTI

1. Il consolidamento mediante la messa in opera di tiranti metallici (catene o altri elementi costruttivi a sviluppo lineare) consente di realizzare un collegamento ed un irrigidimento delle murature così da riuscire a contrastare rischi di traslazione, crolli e distacchi; la cerchiatura per mezzo dei tiranti permetterà di rendere solidali le strutture murarie tanto da garantire un comportamento di tipo scatolare, soprattutto, in caso di azione sismica.

2. Nel caso specifico, trattasi dei seguenti interventi:

- incatenamento dei locali delle propaggini Sud della Chiesa;
- incatenamento sommitale della Chiesa;
- incatenamenti necessari sui due livelli di cerchiatura superiore della cupola.

L'incatenamento viene realizzato mediante un intervento studiato ad hoc. Le catene non solo miglioreranno il comportamento delle pareti su cui si intestano (offrendo un ulteriore vincolo resistente alla quota deputata) ma saranno in grado di assorbire eventuali spinte che non siano tra loro bilanciate.

3. Gli incatenamenti previsti sono, nel dettaglio, quelli appresso listati:

- tiranti in acciaio con capochiave alle estremità;
- incatenamenti con piatti e scatolari a parete.

6.14.1. Tiranti in acciaio con capochiave alle estremità

1. Dovranno essere utilizzate barre filettate in acciaio. Sono previsti, inoltre, ancoraggi terminali costituiti da uno specifico capochiave, che dovrà essere in acciaio zincato oppure in acciaio INOX AISI 316L (in facciata).

2. Prima della lavorazione, **per ogni singolo capochiave**, dovranno essere verificate sul posto l'ubicazione, la quota e la fattibilità dell'inserimento. Nel caso di dubbi o non conformità rispetto al rilievo, notificare subito alla Direzione Lavori. Laddove indicato nei particolari del progetto esecutivo, il capochiave può essere convenientemente nascosto all'interno del pacchetto di finitura.

3. Prima della lavorazione, **per ogni singola catena**, dovranno essere verificate sul posto l'ubicazione, la quota e la fattibilità dell'inserimento. Nel caso di dubbi o non conformità rispetto al rilievo, notificare subito alla Direzione Lavori. Laddove indicato nei particolari del progetto esecutivo del restauro, la catena può essere convenientemente nascosta all'interno del pacchetto di finitura.

4. L'inserimento dei nuovi interventi dovrà essere caratterizzato da una invasività minima, sia per la possibilità eventuale di lavorare in traccia, nei riempimenti, nei volumi di aria tra orizzontamenti uno soprastante l'altro, sia per la minima foratura delle pareti portanti strutturali. In alcuni casi marginali, e comunque ove necessario o preferito, le catene risulteranno in vista.

5. Particolari tecnologici e procedure

Per questo tipo di incatenamento, il bloccaggio all'estremità delle strutture sarà garantito da chiavarde o capochiave (salvo indicazione diversa, del tipo o a piastra) posti su piastre (realizzate in acciaio zincato o in acciaio INOX specificati) di forma e dimensioni tali da consentire una ripartizione omogenea degli sforzi necessarie per assicurare l'adeguata ripartizione dei carichi; le piastre dovranno essere realizzate con la presenza dei fori per consentire il passaggio dei cavi e/o delle guaine.

Indipendentemente dalla messa in opera (esterna o interna, orizzontale o inclinata), prima di procedere con l'operazione dovrà essere appurato il grado di consistenza delle strutture, lo stato di conservazione e, soprattutto, la loro stabilità; a tale riguardo prima di effettuare l'intervento potrà essere utile, dove si renderà necessario, operare un consolidamento (scuci e cucì, iniezioni di boiacca, rincocciature, ecc.) delle parti interessate ed influenzate dal successivo stato tensionale indotto dal tirante.

L'operazione inizierà con la localizzazione esatta dei punti di perforazione per il passaggio del tirante, della sua collocazione e del relativo sistema d'ancoraggio, che dovrà essere saldo ed efficace dal momento che l'intervento avrà effetto solo se sarà garantita la trazione del tirante, costante nel tempo, capace di contrastare le sollecitazioni in atto.

Il tiraggio del tirante dovrà essere fatto come istruito dal Direttore dei Lavori.

6. Laddove richiesto o istruito, la preliminare rimozione delle finiture architettoniche dovrà avvenire in accordo alle istruzioni della Direzione dei Lavori.

7. In ogni caso, **il progetto architettonico e di restauro specifico per le facciate dovrà dettare la installazione dei capochiavi esterni sottotraccia oppure a vista e, in ognuno dei due casi, i rifacimenti, i reintegri, le lavorazioni superficiali e quanto altro necessario a fornire il lavoro in facciata finito e a regola d'arte.**

6.14.2. Incatenamenti con piatti inghisati a parete

1. Dovranno essere utilizzati piatti in acciaio a sezione rettangolare (o meno) opportunamente inghisati a parete, come indicati nei disegni del progetto esecutivo delle strutture.

2. Prima della lavorazione, **per ogni singolo punto critico (angoli e interruzioni)**, dovranno essere verificate sul posto l'ubicazione, la quota e la fattibilità dell'inserimento dell'elemento. Nel caso di dubbi o non conformità rispetto al rilievo, notificare subito alla Direzione Lavori. Laddove indicato nei particolari del progetto esecutivo, l'elemento in piatto può essere convenientemente nascosto all'interno del pacchetto di finitura.

3. Prima della lavorazione, **sulla lunghezza dell'elemento**, dovranno essere verificate sul posto l'ubicazione, la quota e la fattibilità dell'inserimento dell'elemento. Nel caso di dubbi o non conformità rispetto al rilievo, notificare subito alla Direzione Lavori. Laddove indicato nei particolari del progetto esecutivo, l'elemento in piatto può essere convenientemente nascosto all'interno del pacchetto di finitura.

4. L'inserimento dei nuovi interventi dovrà essere caratterizzato da una invasività minima, sia per la possibilità eventuale di lavorare in traccia, sia, comunque, per via dell'installazione a parete. In generale, l'incatenamento così conseguito, risulterà in vista.

5. Particolari tecnologici e procedure

I piatti utilizzati dovranno essere delle dimensioni specificate e dovranno essere convenientemente inghisati a parete e collegati alle strutture come mostrato nei pertinenti dettagli degli elaborati grafici del progetto esecutivo delle strutture.

Prima di procedere con l'operazione dovrà essere appurato il grado di consistenza delle strutture, lo stato di conservazione e, soprattutto, la loro stabilità; a tale riguardo prima di effettuare l'intervento, potrà essere utile, dove si renderà necessario, operare un consolidamento (scuci e cucì, iniezioni di boiaccia, rincocciature, ecc.) delle parti interessate ed influenzate dal successivo stato tensionale indotto dal nuovo incatenamento. L'operazione inizierà con la localizzazione esatta dei punti di perforazione per il passaggio degli inghisaggi, che dovranno risultare saldi ed efficaci dal momento che l'intervento avrà effetto solo se sarà garantita la trazione del tirante, costante nel tempo, capace di contrastare le sollecitazioni in atto.

6. In ogni caso, il progetto architettonico e di restauro specifico per gli ambienti di interesse dovrà dettare le condizioni di installazione degli elementi trattati (sottotraccia oppure a vista) e, in ognuno dei due casi, i rifacimenti, i reintegri, le lavorazioni superficiali e quanto altro necessario a fornire il lavoro in facciata finito e a regola d'arte.

6.15.STRUTTURE IN ACCIAIO

1. Generalità

Le strutture di acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dalle NTC 2018 emessa ai sensi delle leggi 5 novembre 1971 n. 1086 e 2 febbraio 1974 n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001 n. 380 e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004 n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004 n. 186 e ss. mm. ii. nonché dalle seguenti norme: UNI EN 1992-1-1 – 2005, (Eurocodice 2); UNI EN 1993-1-1 – 2005 (Eurocodice 3); UNI EN 1994-1-1 – 2005; UNI EN 1090 – 2008.

L'Impresa è tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione dei Lavori:

- a) gli **elaborati progettuali esecutivi di cantiere**, comprensivi dei disegni esecutivi di officina, sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura, nonché la qualità degli acciai da impiegare;
- b) tutte le **indicazioni necessarie alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle opere di fondazione e/o su tutte le altre strutture di supporto in cui vadano installate.**

I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore.

2. Collaudo tecnologico dei materiali

Ogni volta che i materiali destinati alla costruzione di strutture di acciaio pervengono dagli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la destinazione costruttiva e la documentazione di accompagnamento della ferriera costituita da:

- attestato di controllo;
- dichiarazione che il prodotto è «qualificato» secondo le norme vigenti.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni di prodotto qualificato da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno, per verificarne la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Per i prodotti non qualificati la Direzione dei Lavori deve effettuare presso laboratori ufficiali tutte le prove meccaniche e chimiche in numero atto a fornire idonea conoscenza delle proprietà di ogni lotto di fornitura. Tutti gli oneri relativi alle prove sono a carico dell'Impresa.

Le prove e le modalità di esecuzione sono quelle prescritte dalle NTC 2018 e dalle norme vigenti a seconda del tipo di metallo in esame.

3. Controlli durante la lavorazione

L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

4. Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasolicitate. Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo. In particolare, per le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per le unioni con bulloni, l'impresa effettuerà, alla presenza della Direzione dei Lavori, un controllo di serraggio su un numero adeguato di bulloni.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla eventuale sottostante sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

5. Prove di carico e collaudo statico

Prima di sottoporre le strutture di acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori, quando prevista, un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture.

6. Raddrizzamento

Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti con dispositivi agenti per pressione.

7. Tagli e finitura

Le superfici dei tagli possono restare grezze, purché non presentino strappi, riprese, mancanze di materiale o sbavature. È ammesso il taglio ad ossigeno purché regolare. I tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice. La rettifica dei bordi delle lamiere e dei larghi piatti deve essere effettuata mediante rifilatura.

8. Forature

I fori devono essere preferibilmente eseguiti con trapano od anche col punzone purché successivamente alesati. È vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione di fori.

Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità di fori corrispondenti maggiori del giuoco foro-bullone. Entro tale limite è opportuno che venga ripreso il perfetto allineamento dei fori con utensile adatto. L'uso delle spine di acciaio è ammesso in corso di montaggio esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

9. Unioni bullonate

Valgono le prescrizioni riportate nelle NTC 2018 e nella relativa circolare applicativa.

10. Unioni saldate – Procedimenti di saldatura

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti, opportunamente qualificati ed omologati:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele).

Elettrodi

Per la saldatura manuale ad arco devono essere impiegati elettrodi rivestiti E44-38 omologati secondo UNI 2560/07, almeno di seconda classe.

Per gli altri procedimenti di saldatura si devono impiegare i fili, i flussi (o i gas) e la tecnica esecutiva usati per le prove di qualifica del procedimento di cui nel seguito.

Gli elettrodi devono essere usati con il tipo di corrente (continua o alternata) e di polarità per cui sono stati omologati. Devono altresì essere adottate tutte le precauzioni prescritte dal produttore degli elettrodi con particolare riguardo alla conservazione all'asciutto e, in genere, alla pre-essiccazione degli elettrodi a rivestimento basico. Il diametro dell'anima degli elettrodi rivestiti, per saldatura manuale, usati nella saldatura di un giunto, deve essere fissato in relazione allo spessore, al tipo di giunto ed alla posizione della passata nel giunto; in generale deve essere non maggiore di 6 mm per saldatura in piano e di 5 mm per saldatura in verticale.

Prove preliminari dei procedimenti di saldatura

Valgono le prescrizioni riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e relativa circolare 617 del 2 febbraio 2009.

Preriscaldamento

In tutti i casi in cui lo spessore eccede certi limiti, è necessario preriscaldare localmente la parte su cui si salda; la temperatura deve essere adeguata al procedimento che si impiega e comunque non inferiore a quanto precisato nella seguente tabella:

spessore [mm]	Procedimento ad arco sommerso con saldatura sotto gas protettivo e con elettrodi basici	Procedimento con elettrodi a rivestimento non basico
tra 20 e 40	20 °C	70 °C
tra 40 e 60	70 °C	100 °C
> 60	100 °C	150 °C

Figura 16. Temperatura di preriscaldamento.

Se la temperatura scende al disotto di 5°C, i pezzi dovranno essere preriscaldati comunque ad almeno 50°C. Qualora sui pezzi siano presenti tracce di umidità, deve comunque essere dato ad essi l'apporto di calore necessario per eliminarla.

Qualifica dei saldatori

Sia in officina sia in cantiere, le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti devono essere eseguite da operai che abbiano superato le prove di qualifica indicate nella UNI 4634/60 per la classe relativa al tipo di elettrodo ed alle posizioni di saldatura previste. Nel caso di costruzioni tubolari si fa riferimento anche alla UNI 4633/60 per quanto riguarda i giunti di testa.

Le saldature da effettuare con altri procedimenti devono essere eseguite da operai sufficientemente addestrati all'uso delle apparecchiature relative ed al rispetto delle condizioni operative stabilite in sede di approvazione del procedimento.

Classi delle saldature

Valgono le prescrizioni riportate nelle NTC 2018 e nella relativa pertinente circolare applicativa.

Tecnica esecutiva

Devono essere adottate le sequenze di saldatura e le condizioni di vincolo più opportune, al fine di ridurre per quanto possibile le tensioni residue da saldatura e facilitare l'esecuzione dei giunti saldati; devono essere osservate anche le prescrizioni che verranno stabilite per il preriscaldamento locale in relazione agli spessori, ai tipi di acciaio ed alla temperatura ambiente durante la costruzione. La superficie di ogni passata deve essere liberata dalla scoria prima che vengano effettuate le passate successive; egualmente la scoria deve essere localmente asportata in corrispondenza delle riprese di una medesima passata. Nella saldatura manuale si deve evitare l'accensione degli elettrodi sulle lamiere accanto al giunto.

Le estremità dei cordoni di saldatura dei giunti di testa, nella saldatura automatica e semiautomatica, devono essere sempre fatte su prolunghie; nel caso di saldatura manuale ciò deve essere fatto almeno per i giunti di 1^a classe.

Nei giunti di testa ed in quelli a T a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura, o altro adeguato sistema, prima di effettuare la seconda saldatura (nel caso di saldature effettuate dai due lati) o la ripresa.

Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno, che è peraltro sconsigliata nel caso di strutture sollecitate a fatica, o alla saldatura effettuata da saldatori specializzati secondo UNI 4634/60 o, nel caso di strutture tubolari, di classe TT secondo UNI 4633/60.

La parte da saldare deve essere protetta dalle intemperie; in particolare, quando viene fatto uso di saldatura con protezione di gas, dovranno essere adottati schemi efficaci di protezione contro il vento.

Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice ad ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia.

L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se una adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio. I lembi, al momento della saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità. La distanza dei lembi dei giunti di testa e dei giunti a T a completa penetrazione deve essere secondo UNI 11001/62. Nei giunti a T con cordoni d'angolo i pezzi devono essere a contatto; è tollerato un giuoco massimo di 3 mm. per spessori maggiori di 10 mm, da ridurre adeguatamente per spessori minori o per casi particolari.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1.5 mm; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si può tollerare un disallineamento di entità doppia.

Sequenze di saldatura delle travi composte saldate

Le saldature delle piattabande devono essere sempre effettuate prima della saldatura dell'anima o contemporaneamente ad essa con sequenza opportuna delle passate. Le saldature di collegamento fra anima e piattabanda devono essere completate solo dopo l'effettuazione sia dei giunti della piattabanda che di quello dell'anima.

Incroci di saldature

Negli elementi di travi composte che dovranno essere collegati fra loro con saldature, si deve avere cura di arrestare la saldatura anima-piattabanda ad almeno 200 mm di distanza dal lembo saldato testa a testa. Qualora non siano presenti aperture sull'anima in corrispondenza dei giunti delle piattabande, si provvederà ad effettuare per il collegamento anima-piattabanda, per una zona di almeno 100 mm a cavallo del giunto, una preparazione a K con spalla zero, qualora una simile preparazione non sia già prevista per tutto il collegamento anima-piattabanda.

La preparazione a K deve essere successivamente aggiustata in corrispondenza della parte smussata per permettere l'esecuzione di un giunto anima-piattabanda a completa penetrazione.

11. Unione per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate. Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto lavorate con la pialla, la limatrice, la fresa e la mola.

Per le membrature munite di flange di estremità si devono distinguere i seguenti casi:

- per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente la spianatura alla pressa o con sistema equivalente;
- per flange di spessore compreso tra i 50 e i 100 mm, quando non sia possibile un'accurata spianatura alla pressa, è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio.

12. Tolleranze

In generale sia per gli elementi strutturali prefabbricati, che per le membrature e l'insieme delle stesse montate, valgono i criteri esposti nelle norme UNI ENV 1090-1:2008 "Esecuzione di strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici".

In particolare, per gli elementi verticali l'eccentricità rispetto alla rettilineità degli elementi verticali non deve superare 1/1000 dell'altezza.

13. Protezione delle strutture in acciaio

In generale, le strutture devono ricevere una prima mano di fondo prima della spedizione. L'operazione deve essere preceduta da un'accurata pulitura dei pezzi, da effettuarsi mediante sabbiatura del grado. La preparazione di fondo deve essere effettuata con trattamento con antiruggine zincante a freddo secondo il ciclo descritto qui di seguito con le seguenti caratteristiche:

- spessore minimo del film 50 micron;
- resistenza ad una temperatura massima di 250 gradi Celsius;
- inalterabilità all'esposizione agli agenti atmosferici esterni in ambiente marino o industriale per almeno 5 mesi prima della sovraverniciatura, garantita da documentazione di prova;
- idoneità ad essere coperto con pitture a base di clorocaucciù, resine alchidiche, resine epossidiche, resine viniliche, resine fenoliche, resine poliuretaniche o vernici intumescenti.

Dovranno essere precisate le caratteristiche del prodotto zincante, dovrà essere indicato quali sono i tipi di pittura che possono essere applicati successivamente, il tipo di preparazione della superficie ed il sistema di applicazione. Saranno eseguiti dei controlli dal Committente sul tipo di prodotto applicato e sulle modalità di esecuzione.

Tutti i prodotti di acciaio da carpenteria in genere dovranno comunque essere protetti mediante procedimento di zincatura a caldo per immersione salvo diversa esplicita indicazione. Salvo diversamente indicato in maniera specifica, la zincatura dovrà essere pari a 80 µm.

14. Parti annegate nel getto

Le parti destinate ad essere incorporate in getti di conglomerato cementizio non devono essere verniciate, bensì accuratamente sgrassate e sabbiate.

15. Controlli

Controllo delle saldature

Le saldature devono essere controllate a cura dell'Appaltatore con adeguati procedimenti e non devono presentare difetti quale mancanza di penetrazione, depositi di scorie, cricche di lavorazione, mancanza di continuità ecc.

In particolare, per gli elementi strutturali composti:

- i giunti di testa devono essere di prima classe secondo D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e relativa circolare 617 del 2 febbraio 2009. e vanno controllati almeno al 30% con radiografie;
- le saldature correnti d'angolo dovranno essere controllate per almeno il 10% dello sviluppo totale, secondo metodologie e criteri da concordare con la Direzione Lavori;
- i controlli eseguiti devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro identificazione successiva in base alla documentazione da inviare tempestivamente al Committente;
- il Direttore dei Lavori delle strutture potrà prescrivere laddove lo ritenga necessario ulteriori indagini e controlli. Gli oneri relativi a tali controlli sono a carico dell'impresa esecutrice.

Controllo dimensionale

L'Appaltatore deve eseguire gli opportuni controlli dimensionali sia sui singoli pezzi che sugli elementi premontati.

Controllo del Committente e della Direzione Lavori

Tutti i materiali e le lavorazioni che formano oggetto del contratto di appalto possono essere ispezionati e sottoposti a verifica da parte di un rappresentante del Committente o della Direzione Lavori presso l'Officina costruttrice; l'Appaltatore dovrà altresì prestare responsabile assistenza al rappresentante del Committente nello svolgimento della sua attività di ispezione e verifica senza che ciò dia diritto a compensi aggiuntivi.

Se alla verifica alcune parti di fornitura risultano difettose o comunque non efficienti, il Committente o la Direzione Lavori hanno il diritto di ottenere la eliminazione dei difetti nel minor tempo possibile, fatto salvo il diritto di respingere la fornitura o di chiedere la riduzione del prezzo.

L'Appaltatore deve notificare alla Direzione Lavori la data di approntamento del materiale da verificare; la verifica da parte della Direzione Lavori avverrà entro 10 (dieci) giorni dalla notifica.

6.16. CERCHIATURA SUPERIORE DELLA CHIESA (DUE LIVELLI)

1. Alla luce del comportamento strutturale della Chiesa come risulta dalle analisi effettuate e all'indomani dello studio del quadro fessurativo ad oggi presente, si è deciso di operare una cerchiatura superiore (su **due livelli**) delle murature del tamburo dell'edificio in oggetto.
2. Tale cerchiatura dovrà essere realizzata mediante l'utilizzo delle funi in acciaio zincato specificate, per le quali si rimanda al pertinente articolo.
3. Le funi dovranno essere poste sul perimetro del tamburo (su due livelli) in traccia, nascoste alla vista, all'interno di un tubo corrugato flessibile plastico $\phi 30$. Trasmettono la propria azione di confinamento alla muratura della Chiesa per il tramite di un piatto calandrato continuo in acciaio zincato dotato di flange di irrigidimento e reindirizzamento superiori e inferiori. Per le lavorazioni in acciaio specificate, si rimanda all'articolo pertinente, sulle strutture in acciaio.
4. Le funi dovranno essere nascoste alla vista all'interno di tracce appositamente realizzate e richiuse. Ove il filo di parete aggetta rispetto a quello del tamburo (in corrispondenza dei ringrossi e delle costolature), le funi di cerchiatura dovranno passare attraverso fori trapanati e/o carotati realizzati allo scopo. Per questi ultimi si rimanda a quanto specificato negli articoli relativi a demolizioni, rimozioni e demolizioni localizzate di muratura.
5. Specifiche stazioni di tesatura realizzate in acciaio consentono il collegamento e la messa in carico del sistema nella sua interezza. Per le lavorazioni in acciaio specificate, si rimanda all'articolo pertinente, sulle strutture in acciaio.
6. Ove necessario, la continuità della cerchiatura è garantita da catene (barre filettate $\phi 30$ mm in acciaio zincato classe 10.9) e pertinenti capochiave. Per gli incatenamenti specificati, si rimanda all'articolo pertinente, sugli incatenamenti.

6.17. RINFORZO DELLA CUPOLA DA ESTRADOSSO

La cupola è segnata da un quadro fessurativo importante e diffuso. La sua funzione strutturale è quella di costituire un soffitto sicuro per la Chiesa e supportare il carico della copertura superiore propriamente detta. La cupola, come verificato anche attraverso le indagini condotte, è di spessore limitato e costituita, fondamentalmente, da un conglomerato di malta e frammenti lapidei di natura calcarea e travertinosa, la cui caratterizzazione meccanica è povera e non dissimile da quella dei sottostanti setti in muratura. Si opta, quindi, per lo smontaggio (ed il successivo rimontaggio) della copertura superiore esistente, al fine di provvedere ai necessari interventi di consolidamento.

1. La cupola sarà rinforzata, a estradosso, con un cappetta costituita da malta fine traspirante esente da cementi, a base di calce idraulica naturale, pozzolana e sabbie naturali, fibrorinforzata, dello spessore di 6 cm.
2. Preparazione della superficie: rimozione (manuale o meccanica) di tutto il materiale incoerente o friabile, polvere, muffe e quant'altro possa pregiudicare l'adesione della malta del rinforzo, fino ad ottenere un supporto pulito, sano e compatto. Eventuali vuoti o discontinuità presenti nella muratura dovranno essere preventivamente riparati utilizzando la malta di rinforzo con frammenti di pietre, mattoni o tufo aventi caratteristiche corrispondenti, quanto più possibile, a quelle dei materiali originari.
3. Lavaggio con acqua nebulizzata a bassa pressione della muratura, al fine di eliminare eventuali efflorescenze e sali solubili presenti sulla superficie. Tutti i lavaggi dovranno essere coordinati con il restauratore responsabile o sostituiti con pulizie effettuate con aria compressa al fine di salvaguardare le superfici decorate presenti ad intradosso. L'acqua libera in eccesso dovrà essere eliminata, in modo che la muratura risulti satura di acqua, ma con la superficie asciutta (condizione di s.s.a.). Per facilitare ed accelerare tale operazione può essere utilizzata aria compressa.
4. Nel caso in cui le murature dovessero risultare particolarmente difficili come, ad esempio, quelle in pietra e miste, oppure porose o meccanicamente deboli, è consigliabile applicare un primo strato di malta di circa 5 mm di spessore a consistenza semifluida.

5. Posa: partire dalla parte bassa della muratura e procedere verso la sua sommità. Spessore massimo della singola applicazione pari a 40 mm. Procedere in più mani, avendo l'accortezza di realizzare i diversi strati successivi su quello precedente non frattazzato. Intonacare la muratura da una distanza di circa 20 cm, in modo che il prodotto venga steso uniformemente. Ultima applicazione del rinforzo: ultimare con intonacatrice o a cazzuola l'applicazione della malta di rinforzo.
6. Finitura: la finitura della superficie può essere eseguita con frattazzo di plastica, di legno o di spugna già dopo alcune ore dall'applicazione e, comunque, in funzione della temperatura e delle condizioni ambientali.
7. La cappetta in oggetto sarà adeguatamente armata con una rete in fibra di vetro A.R. alcali resistente pre-impregnata (FRP), maglia 30x30 mm, grammatura circa 460 g/m². Per il materiale da utilizzare si rimanda all'articolo pertinente.
8. Per i consolidamenti fatti utilizzando fibra di vetro, vale, in generale, quanto indicato nel prossimo articolo.
9. Posizionare la rete in materiale composito fissandola alla muratura esistente. Essa dovrà essere opportunamente distanziata dal supporto.
10. La connessione con la muratura esistente della cupola sarà assicurata da connettori ad "L", con fissaggio chimico a base di resina poliestere in cartuccia all'interno di perforazioni adeguate, con un'incidenza di 5 fori al m² (le armature saranno legate in corrispondenza delle barre) e successiva asportazione della polvere all'interno degli stessi.
11. Esecuzione dei fori: esecuzione, per sola rotazione, dei fori necessari ai connettori delle reti di armatura (5/m², legare le armature in corrispondenza delle barre).
12. Impiegare i connettori specificati. Tali connettori dovranno essere fissati alla muratura mediante fissaggio chimico poliestere esente da stirene (certificato ETAg 029). Per il materiale da utilizzare si rimanda all'articolo pertinente.

6.18. CONSOLIDAMENTI CON FIBRA DI VETRO

1. Così come prescritto, **le lavorazioni in oggetto - che coinvolgono materiali compositi (FRP) - dovranno essere operate da manodopera altamente specializzata e/o aziende che abbiano un'esperienza nella produzione e installazione di FRP di almeno cinque anni rispetto alla data delle lavorazioni in oggetto.**

2. Operazioni preliminari

Attenersi a quanto appresso specificato.

a.

Preparazione ed eventuale messa in sicurezza (ove necessaria) degli spazi di lavoro.

b.

Rimozione locale dell'intonaco (se presente) nelle zone d'interesse degli elementi da consolidare. La rimozione dovrà essere estesa, oltre tali zone, per qualche cm da ogni lato.

c.

Preparazione del supporto come specificata nei singoli consolidamenti.

d.

Nel caso in cui, pure a seguito degli interventi preliminari di recupero delle murature il volume superficiale degli elementi in oggetto risulti ancora localmente degradato e/o mostri mancanze, procedere all'applicazione di un adeguato primer e all'esecuzione di una successiva rasatura con adeguata malta a ritiro compensato specifica per la riparazione strutturale di murature.

3. Esecuzione

Attenersi a quanto indicato negli elaborati grafici e negli articoli relativi ai singoli consolidamenti implementati.

7. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE ALTRE OPERE NECESSARIE

7.1. GENERALITÀ

Seguono le modalità di esecuzione delle altre opere necessarie.

Per tutte, senza alcuna esclusione, comprese le eventuali opere accessorie non direttamente segnalate in questo stesso documento, dovranno essere posti in opera, da parte dell'Appaltatore, tutti quegli accorgimenti atti a garantire opere finite a perfetta regola d'arte.

7.2. RIMOZIONE E RIMONTAGGIO DI COPERTURE

1. La rimozione delle coperture dovrà essere eseguita, preferibilmente, con mezzi manuali o, in presenza di spessori particolarmente tenaci, con l'ausilio di martelli da taglio o, in alternativa e solo sotto esplicita richiesta della D.L., con modesti mezzi meccanici. In ogni caso l'operazione dovrà essere limitata alle coperture o ai campi di copertura indicati negli elaborati di progetto.

2. **Lo smontaggio delle coperture deve avvenire seguendo in senso inverso le fasi esecutive di montaggio**; smontati pertanto i manti di finitura più esterni si procede a rimuovere gli eventuali sottofondi, allettamenti, impermeabilizzazioni, coibentazioni e l'eventuale sottostruttura, avanzando di seguito con lo scempiato e gli ordini secondari (costituiti da travicelli, tavolati, ecc.). La carpenteria costituente l'eventuale orditura secondaria (travicelli) deve essere sfilata dagli appoggi evitando di fare leva sulle murature o sulle altre strutture mediante opportune disposizioni quali: puntellamenti o eventuale taglio a filo muro in corrispondenza dell'appoggio, lasciando le teste all'interno della muratura, successivamente rimosse. Lo stesso dicasi per l'orditura principale eventuale (travi). Ovviamente, per il progetto in oggetto: **le rimozioni delle coperture inferiori riguarderanno soltanto gli strati più superficiali da rimuovere; la rimozione della copertura della cupola sarà integrale, fino a scoprire la cupola stessa; la rimozione delle coperture degli ambienti Sud si arresterà all'orditura secondaria, lasciando in vista le travature attualmente presenti (al fine di consentire l'installazione dei ponteggi di cantiere ivi previsti).**

3. Particolare attenzione dovrà essere posta nella rimozione, nel trasporto, nell'accantonamento e nello stoccaggio di quegli elementi costituenti i **manti (come ad esempio tegole, coppi e simili) e gli elementi strutturali propriamente detti (travi, travicelli, tavolati, ecc.) destinati al successivo riuso**. Seguire le istruzioni pertinenti della Direzione dei Lavori.

4. Particolare cura dovrà essere posta nelle **demolizioni/rimozioni parziali** caratteristiche di quelle coperture di cui si mantenessero alcuni degli elementi strutturali in sede.

5. Gli orizzontamenti non devono essere caricati in nessun caso, se non temporaneamente e per minime quantità, con materiali di risulta.

6. Si rimanda ai precedenti articoli per tutte le indicazioni generali afferenti alle attività di demolizione e rimozione.

7. Si rimanda a quanto indicato negli allegati elaborati grafici di progetto e alla tabella a pagina successiva per le fasi esecutive di lavoro previste (smontaggi e rimontaggi).

INTERVENTI SULLE COPERTURE

COPERTURE INFERIORI

1.
Revisione di manti e impermeabilizzazioni
Rimozione ed accatastamento ordinato di coppi e sottocoppi esistenti al fine di riutilizzarli. Cernita, pulitura ed avvicinamento al luogo di deposito provvisorio.
Rimozione dell'allettamento sottostante e della membrana impermeabilizzante esistente.
Revisione e sostituzione ove necessario del massetto di regolarizzazione e livellamento in copertura con adeguato strato (spessore 10+20 mm) di malta premiscelata di calce e pozzolana.
Posa in opera del nuovo strato di impermeabilizzazione, costituito da una doppia guaina da 4 mm complessivi, da posizionare sfalsata.
Ricollocazione in opera di tegole e coppi di recupero avendo cura di fissare i primi tre filari con malta apposita e, a seguire, fissandone uno ogni tre filari. Per gli elementi che, a valle della cernita, non siano stati valutati riutilizzabili, utilizzare elementi equivalenti compatibili aventi le stesse caratteristiche degli esistenti.
2.
Revisione del sistema di gronde e discendenti
Come specificato.
3.
Trattamenti lignei su palombelli e aggetti in copertura
Come specificati.

COPERTURE SUPERIORI (COPERTURA DELLA CUPOLA)

1.
Smontaggio completo della copertura
Lo smontaggio in oggetto avverrà per decostruzione.
Rimozione ed accatastamento ordinato di coppi e sottocoppi esistenti al fine di riutilizzarli. Cernita, pulitura ed avvicinamento al luogo di deposito provvisorio.
Rimozione dell'allettamento sottostante ove presente, della membrana impermeabilizzante esistente e del getto di livellazione e allettamento sottostante (inclusa eventuale armatura dello stesso).
Rimozione del tavolato ligneo sottostante. Anche in questo caso si procederà alla cernita, alla pulitura e all'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio in vista del possibile riuso degli elementi in buono stato di conservazione.
Smontaggio completo (inclusa eventuale smuratura delle testate) dell'orditura lignea sottostante (ovvero della struttura lignea posta a supporto della copertura, al di sopra della cupola in conglomerato sottostante) fino a scoprire l'estradosso della cupola stessa al fine di eseguire gli interventi di consolidamento per essa previsti.
2.
Rimontaggio di travi e tavolati
Al termine dei lavori di consolidamento della cupola previsti a estradosso della stessa ed in accordo alle tempistiche di cui al cronoprogramma dei lavori, si procederà al rimontaggio ed alla ricostruzione della struttura della copertura, in accordo alle seguenti fasi costruttive:
 - preparazione delle sedi di appoggio delle strutture lignee, inclusi i necessari nuovi getti in malta premiscelata di calce e pozzolana armata;
 - posa in opera delle strutture lignee (esistenti in riuso e/o nuove equivalenti laddove necessarie); dette strutture lignee saranno trattate mediante carteggiatura e abrasivatura della superficie per uniformare i fondi e successiva applicazione, sulle superfici già preparate, di adeguato trattamento antifungo con adatta soluzione;
 - posa in opera del tavolato (esistente in riuso e/o nuovo equivalente laddove necessario); detto tavolato sarà trattato mediante carteggiatura e abrasivatura della superficie per uniformare i fondi e successiva applicazione, sulle superfici già preparate, di adeguato trattamento antifungo con adatta soluzione.
3.
Posa in opera del nuovo getto di allettamento e livellazione armato
Nuovo massetto di regolarizzazione e livellamento in copertura con adeguato strato (spessore pari a circa 40 mm) di malta premiscelata di calce e pozzolana, armato con rete elettrosalda (diametro 8 mm, passo 20x20 cm).

Figura 17. Fasi esecutive delle voci di lavoro previste per le coperture della Chiesa - 1 di 2.

4.
Posa in opera della nuova guaina di impermeabilizzazione
Posa in opera del nuovo strato di impermeabilizzazione, costituito da una doppia guaina da 4 mm complessivi, da posizionare sfalsata.
5.
Posa in opera del nuovo manto di finitura
Ricollocazione in opera di coppi e sottocoppi di recupero avendo cura di fissare i primi tre filari con malta appositamente e, a seguire, fissandone uno ogni tre filari. Per gli elementi che, a valle della cernita, non siano stati valutati riutilizzabili, utilizzare elementi equivalenti compatibili aventi le stesse caratteristiche degli esistenti.
6.
Revisione del sistema di gronde e discendenti
Come specificato.
7.
Trattamenti lignei su palombelli e aggetti in copertura
Come specificati.

COPERTURE DEGLI AMBIENTI SUD

Il lavoro di smontaggio delle coperture degli ambienti Sud in oggetto è propedeutico all'installazione dei ponteggi di cantiere (lato Sud). Sono appresso specificate le principali fasi esecutive di lavoro dello smontaggio e delle successive ricostruzioni.

1.
Rimozione
Le rimozioni in oggetto avverranno per decostruzione.
Smontaggio in oggetto avverrà per decostruzione. Rimozione ed accatastamento ordinato di coppi e sottocoppi esistenti al fine di riutilizzarli. Cernita, pulitura ed avvicinamento al luogo di deposito provvisorio. Rimozione dell'allettamento sottostante e della membrana impermeabilizzante esistente. Rimozione del getto di livellazione e allettamento sottostante (inclusa eventuale armatura dello stesso). Rimozione del tavolato ligneo sottostante; anche in questo caso si procederà alla cernita, alla pulitura e all'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio in vista del possibile riuso degli elementi in buono stato di conservazione.
2.
Rimontaggio dei tavolati
Al termine dei lavori per i quali il ponteggio lato Sud era necessario e all'indomani della rimozione dei puntelli in oggetto, in accordo alle tempistiche di cui al cronoprogramma dei lavori, si procederà al rimontaggio ed alla ricostruzione della copertura, a partire dalla posa in opera del tavolato (esistente in riuso e/o nuovo equivalente laddove necessario); detto tavolato sarà trattato mediante carteggiatura e abrasivatura della superficie per uniformare i fondi e successiva applicazione, sulle superfici già preparate, di adeguato trattamento antifungo con adatta soluzione.
3.
Posa in opera del nuovo getto di allettamento e livellazione armato
Nuovo massetto di regolarizzazione e livellamento in copertura con adeguato strato (spessore pari a circa 40 mm) di malta premiscelata di calce e pozzolana, armato con rete elettrosalda (diametro 8 mm, passo 20x20 cm).
4.
Posa in opera della nuova guaina di impermeabilizzazione
Posa in opera del nuovo strato di impermeabilizzazione, costituito da una doppia guaina da 4 mm complessivi, da posizionare sfalsata.
5.
Posa in opera del nuovo manto di finitura
Ricollocazione in opera di coppi e sottocoppi di recupero avendo cura di fissare i primi tre filari con malta appositamente e, a seguire, fissandone uno ogni tre filari. Per gli elementi che, a valle della cernita, non siano stati valutati riutilizzabili, utilizzare elementi equivalenti compatibili aventi le stesse caratteristiche degli esistenti.
6.
Revisione del sistema di gronde e discendenti
Come specificato.
7.
Trattamenti lignei su palombelli e aggetti in copertura
Come specificati.

Figura 18. Fasi esecutive delle voci di lavoro previste per le coperture della Chiesa - 2 di 2.

7.3. RIMOZIONE DI DISCENDENTI E GRONDE

Smontaggio/rimozione dei canali di gronda e dei discendenti indicati. Le operazioni dovranno essere eseguite per decostruzione. Si intendono inclusi i cali in basso, i trasporti nel cantiere, il carico e trasporto a discarica autorizzata (o luogo deputato) inclusi i pertinenti oneri.

Si fa espresso divieto di accatastamento dei materiali in cantiere.

7.4. INTONACI E RASATURE

1. L'esecuzione degli intonaci (inclusi quelli finissimi da rasatura) dovrà relazionarsi alla natura della muratura garantendo un'efficace adesione, l'affinità fisico/chimica e quella meccanica. L'intonaco dovrà essere compatibile con il supporto per spessore (numero di strati), composizione e traspirabilità; i coefficienti di dilatazione termica e di resistenza meccanica dovranno essere simili a quelli dei materiali esistenti così da poter garantire lo stesso comportamento alle diverse sollecitazioni (pioggia battente, vapore, umidità ecc.).

2. Preparazione delle superfici

Le superfici interessate dall'intervento dovranno essere sufficientemente asciutte (esenti da fenomeni d'umidità), scabre e pulite (prive di sali e/o patine) in modo da consentire la totale aderenza della nuova malta al supporto, dopodiché si eseguirà l'inumidimento della muratura tramite pennello imbevuto d'acqua, o mediante l'uso di un semplice nebulizzatore manuale (contrariamente una parete asciutta potrebbe assorbire esageratamente l'acqua presente nell'impasto provocando un eccessivo ritiro della malta).

La superficie Nord del tamburo interessata da vegetazioni, muschi e licheni e, in generale, da colonie di microrganismi autotrofi e/o eterotrofi, dovrà essere preliminarmente trattata con biocida.

3. Impasti

Al fine di garantire la corretta realizzazione dell'impasto dovranno essere presi degli accorgimenti sul modo di dosare e amalgamare i diversi componenti.

La preparazione della malta, se avverrà in cantiere, dovrà essere fatta in contenitori puliti privi di residui di sostanze che potrebbero alterare la natura dell'impasto, facendo cura di dosare sapientemente la quantità d'acqua (sarà consigliabile iniziare l'impasto con circa 2/3 della quantità d'acqua necessaria aggiungendo, durante le fasi di lavorazione, la parte rimanente) onde evitare la formazione di impasti o troppo fluidi o poco lavorabili; lo scopo dovrà essere quello di ottenere una consistenza tale da garantire la capacità di adesione fino all'avvenuta presa sul supporto (la malta dovrà scivolare dalla cazzuola senza lasciare traccia di calce sulla lama); il dosaggio degli ingredienti dovrà essere fatto con estrema cura e precisione evitando, dove è possibile, metodi di misurazione troppo approssimativi (pala o badile) in modo da riuscire ad ottenere formulati aventi le caratteristiche indicate e richieste da progetto; la quantificazione in cantiere potrà avvenire prendendo come riferimento un'unità di volume identificata in un contenitore facilmente reperibile in sito (secchi e/o carriole). Il secchio da murature corrisponde a circa 12 l (0,012 m³) mentre una carriola avrà una capacità di circa 60 l, circa cinque secchi, (0,060 m³).

L'impasto potrà essere eseguito a mano lavorando i componenti su di un tavolato (non sul terreno), o ricorrendo ad attrezzature meccaniche quali piccole betoniere o impastatrici.

4. Esecuzione

Compiuta la pulitura, si procederà all'applicazione sulla parete dell'intonaco seguendo i diversi strati indicati da progetto; previa bagnatura del muro, verrà applicato il rinzafo (in malta morbida con aggregati a grana grossa 1,5-5 mm) in modo tale da penetrare bene negli interstizi dell'apparecchio a presa avvenuta, previa bagnatura della superficie, si procederà alla stesura dell'arriccio, tramite cazzuola, in strati successivi (1-1,5 cm) fino a raggiungere lo spessore indicato da progetto utilizzando una malta composta da aggregati medi (0,5-1,5 mm); l'ultimo strato di arriccio verrà pareggiato e frattazzato.

La finitura verrà applicata con frattazzo in strati sottili lisciati con frattazzini di spugna, leggermente imbevuti di acqua.

Particolare attenzione dovrà essere fatta nella messa in opera in prossimità delle zone d'unione tra due superfici, poiché la loro corretta esecuzione potrà evitare l'insorgenza di punti di discontinuità, a tale riguardo sarà consigliabile rifinire i lembi con spatolini da stuccatore in modo da garantire una maggiore precisione nella rifinitura.

L'applicazione del nuovo intonaco dovrà essere fatta con i valori della temperatura esterna tra i 5 °C e i 30 °C; la malta dovrà essere accuratamente compressa all'interno della lacuna al fine di ottenere delle buone caratteristiche meccaniche, inoltre tra la posa dei vari strati dovranno intercorrere dei tempi d'attesa (relazionati alle diverse tipologie di malte) durante i quali le superfici dovranno essere bagnate.

Sarà opportuno predisporre, sopra il primo strato di intonaco, delle idonee guide al fine di controllare lo spessore e la planarità. Tali guide potranno essere messe in opera come segue: si fisseranno alla parete dei piccoli conci di laterizio (allineati verticalmente distanziati di circa 50-100 cm) utilizzando la stessa malta dell'intonaco per uno spessore corrispondente a quello definitivo indicato da progetto, tra i conci verticali verrà eseguita una striscia di malta (la stessa realizzata per l'intonaco), tirata a piombo. È buona norma, al fine di consentire la corretta lavorazione della superficie, che l'interasse delle guide sia 40-50 cm inferiore rispetto alla lunghezza della staggia disponibile in cantiere. Le fasce così realizzate costituiranno il dispositivo di controllo dello spessore dell'intonaco.

Al fine di ridurre il rischio di cavillature sarà conveniente seguire delle accortezze: non utilizzare malta con elevato dosaggio di legante (malta grassa) che dovrebbe, in ogni caso essere decrescente dallo strato di rinzafo a quello di finitura, così come dovrebbe essere la resistenza a compressione; applicare la malta per strati successivi sempre più sottili con aggregati a granulometria più minuta partendo dagli strati più profondi fino ad arrivare a quelli più superficiali.

5. Finitura

La finitura, così come da definizione, costituisce l'ultimo strato dell'intonaco; realizzata in spessori ridotti si ottiene utilizzando impasti con miscele selezionate di materiali vagliati accuratamente e messi in opera seguendo diverse tecniche, a seconda dell'effetto finale desiderato; a tale riguardo importante è la tipologia e la granulometria dell'inerte prescelto visto che a questo elemento si lega la consistenza e soprattutto l'aspetto della finitura stessa (liscia o rugosa).

7.5. TINTEGGIATURE

1. Le tinteggiature dovranno ripristinare la voluta continuità cromatica in accordo a quanto espresso nel progetto architettonico e delle finiture e, allo stesso tempo, ristabilire la funzione protettiva propria dello strato pittorico.

2. Prima di procedere alle tinteggiature, il supporto dovrà, necessariamente, essere preparato mediante pulitura.

3. Sul supporto così preparato si procederà all'integrazione cromatica rispettando la tipologia di tinteggiatura presente in progetto. I prodotti che si potranno utilizzare, sempre in relazione alla preesistenza, potranno essere: pitture (la pellicola risulterà prevalentemente coprente), vernici (la pellicola anche se colorata risulterà trasparente) e tinte (non formeranno pellicola). Le tecniche pittoriche che più frequentemente si potranno rintracciare sulle superfici intonacate saranno: tinteggiatura alla calce, pittura alla tempera e pitture a base di silicati (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici).

7.5.1. Idropitture

Il corretto ciclo di tinteggiatura sarà istruito dalla Direzione Lavori sulla base di apposite **prove di tinteggiatura operate in cantiere su elementi campione**.

1.

È prevista una **tinteggiatura del tipo a calce, previa mano di preparazione (imprimitura) con latte di calce idoneamente diluita, idonea per superfici esterne con colori minerali o terre ordinarie, in tinte non forti a due mani a coprire, su superfici esterne già preparate con un protettivo idrorepellente a base di fluoropolimeri, completamente invisibile, traspirante, reversibile, specifico per tutte le finiture a calce**, grassello, ecc. (corredato dalla pertinente scheda di sicurezza a 16 - sedici - sezioni come richiesta dalla normativa vigente), sulle superfici esterne.

2.

Prima della posa, la Direzione Lavori verificherà che i prodotti abbiano elevate caratteristiche riempitive e coprenti, elevata pennellabilità e dilatazione, buona lavabilità e resistenza allo sfregamento, facile tinteggiatura con coloranti universali (se necessario).

3.

Dovranno essere rispettate tutte le avvertenze, le note e le informazioni di uso ed impiego fornite dal produttore, anche e soprattutto riguardanti i tempi ed i modi di essiccazione ed eventuale sovrapplicazioni. Di norma, la pittura lavabile dovrà essere applicata con temperatura minima non inferiore a +5 °C e con temperatura massima non superiore a +40 °C. Non applicare su pareti a contatto diretto dei raggi solari. Il prodotto andrà sempre conservato non diluito in luoghi freschi.

4.

Preparazione delle superfici: a perfetta regola d'arte, a preparare le superfici alla successiva tinteggiatura.

5.

A superficie asciutta applicare due mani di pittura.

Tra i metodi applicativi si distinguono:

- a pennello: con diluizioni pari a circa 55-65% prima mano, 50% seconda mano;
- a rullo: con diluizioni pari a circa 45-50% prima e seconda mano.

7.6. TRATTAMENTI CON BIOCIDA SUL TAMBURO DELLA CUPOLA (PARTE NORD)

Disinfezione di patine algali mediante applicazione di biocida con ripetizione del trattamento in più cicli. Il biocida può essere applicato con procedimento a spruzzo a bassa pressione, con pennello o con rullo, avendo cura di bagnare bene la superficie interessata senza creare ristagni o gocciolature. Sulle patine più coerenti al supporto si prevede di realizzare il trattamento mediante impacchi.

Successiva pulitura delle superfici precedentemente trattate con tensioattivo e con l'aiuto di spazzolini in setola artificiale.

7.7. MANTI DI COPERTURA

1. Per lo smontaggio e la rimozione delle coperture esistenti (ove previsto) si rimanda agli articoli di interesse.

2. Per l'utilizzo di elementi di recupero si rimanda ai pertinenti articoli di interesse. Ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, in funzione delle caratteristiche indicate in questo stesso documento a proposito delle specifiche dei materiali da utilizzare in copertura, gli elementi sottoposti dall'Appaltatore a preventivo esame ed approvazione potranno essere dalla Direzione Lavori scartati ed accantonati.

3. In ogni caso, tutta l'operazione di posa in opera degli elementi costituenti il manto di copertura dovrà **tendere a restituire ai tetti in oggetto l'aspetto estetico della preesistenza.**

4. Prescrizioni

Le tegole piane o curve, di qualunque tipo siano, dovranno essere esattamente adattabili le une sulle altre, senza sbavature e presentare tinta uniforme; dovranno essere munite di certificazione di qualità e idoneità tecnica e posate a perfetta regola d'arte, ossia perfettamente allineate in orizzontale e in verticale su opportuna sottostruttura o su altra superficie (oppure su altro elemento) come indicato dalla Direzione Lavori. In corrispondenza della linea di colmo e dei displuvi saranno forniti e posti in opera colmi e relativi pezzi speciali. Gli spazi vuoti tra colmi e tegole saranno accuratamente stuccati con malta bastarda.

Nel lavoro, si intenderà sempre compresa la fornitura e la posa in opera di tegole d'area in numero non inferiore ad una ogni 20 m² di manto di copertura. Tali aeratori saranno posizionati secondo i più opportuni schemi dettati dalla Direzione Lavori, specie in vicinanza della linea di gronda e della linea di colmo, sfalzandoli tra di loro.

5. Corretta posa in opera

Il corretto funzionamento di un manto di copertura dipende in maniera determinante dalla qualità degli elementi impiegati e dalla loro corretta messa in opera, realizzata appoggiando ed eventualmente ancorando tegole e coppi, su appositi supporti (nel caso specifico in malta).

Per la posa in opera, dovranno essere scrupolosamente seguite le fasi di lavoro sotto listate:

- revisione e sostituzione ove necessario del massetto di regolarizzazione e livellamento in copertura con **adeguato strato (spessore 10 ÷ 20 mm) di malta premiscelata di calce e pozzolana;**
- posa in opera del **nuovo strato di impermeabilizzazione, costituito da una doppia guaina da 4 mm complessivi, da posizionare sfalsata** (si veda l'articolo pertinente);
- ricollocazione in opera di tegole e coppi di recupero avendo cura di **fissare i primi tre filari con malta apposita e, a seguire, fissandone uno ogni tre filari.** Per gli elementi che, a valle della cernita, non siano stati valutati riutilizzabili, utilizzare elementi equivalenti compatibili aventi le stesse caratteristiche degli esistenti.

In generale, salvo diversa indicazione della Direzione dei Lavori, tegole e coppi, in prossimità della grondaia, dovranno sporgere di circa 7-8 cm per evitare ritorni d'acqua nel sottomanto o travalicamenti d'acqua dalla linea anteriore di gronda.

Manto di copertura in coppi

La posa dei coppi avviene a doppio strato (per file concave inferiormente e convesse superiormente); si consiglia di mettere in opera contemporaneamente non più di tre file verticali di coppi dello strato inferiore partendo da un angolo in basso della falda.

Terminata la posa di questi elementi e controllati gli allineamenti (orizzontali e verticali) e che i coppi di file contigue non si tocchino fra di loro, potranno essere posati i coppi dello strato superiore, con la concavità rivolta verso il basso, in modo da risultare sovrapposti alle sconnessure tra gli elementi adiacenti sottostanti. Ricordarsi che gli elementi andranno sovrapposti a scorrere il superiore su quello inferiore, per almeno 1/3-1/4 la loro lunghezza (almeno 8-10 cm.).

Accorgimenti particolari si rendono necessari in corrispondenza della linea di gronda; anche per i coppi, come per le tegole, è necessario sollevare la prima fila di elementi in corrispondenza della linea di gronda, per evitare una maggiore pendenza di questa fila rispetto alle altre.

Manto di copertura con tegole romane piane (coppo ed embrice o sottocoppo)

La posa in opera di questi elementi è simile a quello del manto interamente in coppi, con il punto di avvio lungo la linea di gronda.

Dopo aver posizionato lo strato inferiore degli embrici (sottocoppi) con la concavità verso l'alto (con la sovrapposizione degli elementi di circa 1/3-1/4 la loro lunghezza), il corretto accoppiamento si esegue sfalsando la linea di sovrapposizione dei coppi rispetto a quella degli embrici (sottocoppi) di circa 7-8 cm. verso il basso, in modo che la tegola romana piana superiore faccia da battuta al coppo seguente.

Si consiglia di procedere nella formazione del manto per file successive (una fila inferiore e una superiore) per consentire una posa più agevole ed un allineamento più corretto.

7.8. IMPERMEABILIZZAZIONI

1. Definizioni

L'impermeabilizzazione dovrà ripristinare perfettamente la tenuta all'acqua ed eliminare le eventuali infiltrazioni ai vani sottostanti.

2. Preparazione del piano di posa

A seguito delle eventuali rimozioni, incluse quelle di depositi superficiali, dovrà essere operato un successivo ciclo di pulitura con acqua in pressione della superficie da trattare allo scopo di rimuovere sporco, polvere e qualsiasi altra sostanza estranea. Nel caso siano presenti tavolati o comunque strutture o altri elementi in legno, prestare la massima attenzione sull'uso dell'acqua seguendo le istruzioni impartite dalla Direzione Lavori.

3. Esecuzione dell'impermeabilizzazione

Previa posa in opera di eventuale profilo prefabbricato di arrotondamento dello spigolo fra piano orizzontale e verticale o esecuzione di un guscio di malta con le medesime funzioni, si procederà a stendere su tutte le superfici da impermeabilizzare una mano di primer a base di bitume ossidato e solventi in ragione di circa 300 g/mq, applicato a pennello, rullo o a spruzzo. Successivamente si applicherà lo strato di impermeabilizzazione, costituito, secondo gli elaborati di progetto, da una membrana bitume-polimero elastoplastomerica dello spessore minimo di 4 mm, armata con tessuto-non-tessuto di poliestere da filo continuo, caratteristiche medie: flessibilità a freddo di -15 °C, carico a rottura long. 970 N/5cm e trasv. 690 N/5cm, allungamento a rottura long. 45% e trasv. 48%.

L'applicazione dei teli sarà effettuata in totale aderenza per sfiammatura con cannello a gas propano, a cavallo delle giunzioni dell'isolante termico, con sovrapposizioni minime laterali di 10 cm e di testa di circa 15 cm, saldate a fiamma; inoltre, la membrana dovrà anche essere risvoltata sugli eventuali piani verticali (ad es. muretti di colmo, parapetti, ecc.) per almeno 10 cm oltre il livello della finitura prevista e dovrà essere incollata a fiamma.

Nel caso si sovrappongano due membrane da 2 mm di spessore ognuna, la seconda membrana sarà applicata a fiamma in totale aderenza sullo strato sottostante, ma a teli sfalsati di 50 cm rispetto a questo; le sovrapposizioni lungo l'apposita banda di sormonto saranno saldate a fiamma.

Le eventuali testate di muretti di colmo, parapetti, cornicioni ed aggetti dovranno essere protette da idonea scossalina sommitale in lamiera zincata (spessore 8/10) e verniciata nel colore scelto dalla Direzione Lavori (in alternativa, specialmente in ambiente marino dove sarà consigliabile evitare lamierini zincati, si potranno utilizzare altri materiali metallici facilmente lavorabili come il rame e il piombo) ancorata alla struttura e successivamente ripiegata seguendo il profilo da ricoprire.

La lamiera sagomata dovrà presentare risvolti a gocciolatoio e dovrà essere fissata alla muratura con perni e grappe in ottone da inghisare nella muratura tramite idonei sigillanti elastomerici.

Nel caso l'elemento da proteggere sia di notevoli dimensioni, ovvero presenti una curvatura complessa, sarà opportuno eseguire dei tagli al fine di far seguire l'andamento dell'elemento alla protezione; le vari parti dovranno, comunque, essere sovrapposte e fissate con l'aiuto di graffette.

7.9. RACCOLTA, DRENAGGIO E SCARICO DI ACQUE PIOVANE

1. Tubazioni. Tutte le condutture non interrate dovranno essere fissate e sostenute con convenienti staffe, cravatte, mensole, grappe o simili, in numero tale da garantire il loro perfetto ancoraggio alle strutture di sostegno. Tali sostegni dovranno essere in due pezzi, snodati a cerniera o con fissaggio a vite, in modo da permettere la rapida rimozione del tubo, ed essere disposti a distanze non superiori a centimetri 100.

2. Canali di gronda. Dovranno essere posti in opera con le esatte pendenze, prescritte dalla Direzione Lavori. Quelli in lamiera di rame o zincata verranno sagomati in tondo od a gola con riccio esterno, ovvero a sezione quadra o rettangolare, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori. Dovranno essere forniti in opera con le occorrenti unioni o risvolti per seguire la linea di gronda, i pezzi speciali di imboccatura ecc., e con robuste cicogne in ferro o in rame per sostegno, modellati secondo quanto sarà disposto e murate o fissate all'armatura della copertura a distanze non maggiori di centimetri 60. Le giunzioni dovranno essere chiodate con ribattini di rame e saldate con saldatura a ottone (canali in lamiera zincata) o a stagno (canali in lamiera di rame) a perfetta tenuta; tutte le parti metalliche dovranno essere verniciate con doppia mano di minio oleofenolico e olio di lino cotto.

7.10. TRATTAMENTI LIGNEI SU PALOMBELLI E AGGETTI IN COPERTURA

1. Sverniciatura

Sverniciatura di opere in legno mediante ripetuti passaggi di sabbiatura. Possono adoperarsi, per la sverniciatura delle parti più tenaci, solventi idonei.

2. Stuccatura e rasatura preliminari

Preparazione della superficie in legno con adeguata stuccatura e rasatura preliminare. La superficie finale dovrà essere pronta a ricevere i successivi trattamenti.

La stuccatura dovrà essere eseguita a spatola.

3. Carteggiatura e abrasivatura

Carteggiatura e abrasivatura della superficie per uniformare i fondi. La superficie finale dovrà essere pronta a ricevere i successivi trattamenti.

La carteggiatura di preparazione dovrà essere eseguita a secco con carte abrasive dei numeri 80-180, impiegando prima le carte di grana più grossa e procedendo poi con le carte di grana più fina. Ultimata la carteggiatura dovranno essere eliminati i residui legnosi, vetrosi e di ogni altra natura mediante soffiatura con aria.

4. Trattamento antifungo

Trattamento antifungo con adatta soluzione.

La superficie lignea in oggetto dovrà essere priva di macroscopiche anomalie che potrebbero provocare l'insorgenza di degradi a trattamento ultimato (marcescenze, parti mancanti ecc.) e priva di residui di precedenti vernici, cere, grassi e polveri, che dovranno essere rimossi secondo le tecniche esplicate nell'articolo inerente alla pulitura degli elementi lignei.

Prima di effettuare il trattamento preservante, gli elementi dovranno essere puntualmente ispezionati (per tutta la superficie in maniera continua) ricorrendo a strumenti come punteruolo, scalpello e martello al fine di saggiare la consistenza del legno, asportarne piccole porzioni (eventualmente da analizzare in laboratorio) e battere il materiale al fine di individuare le zone, eventualmente, attaccate dagli insetti o funghi; se necessario si potrà ricorrere all'uso della lente d'ingrandimento per osservare gli eventuali fori di sfarfallamento e il rosume riscontrati (elementi in grado di rivelare la specie d'insetto e se l'attacco è ancora attivo); attraverso l'igrometro elettrico da legno sarà possibile misurare il contenuto d'umidità in modo da poter determinare se esiste o è in atto un attacco fungicida mentre, per accertare il reale stato conservativo si potrà utilizzare la trivella di Pressler che consentirà di effettuare piccoli carotaggi.

È opportuno precisare che l'attacco da parte di insetti non sempre necessiterà di trattamento poiché alcuni di essi non depositano larve all'interno del materiale, perciò, quando di queste specie (ad es. i Siricidi) si risconteranno i fori di sfarfallamento, significa che la fuoriuscita è già avvenuta; inoltre occorre tenere conto della datazione del materiale, se l'attacco si riscontra su strutture molto antiche (oltre un secolo) spesso volte non risulterà più attivo. Eseguito l'eventuale consolidamento della superficie (stuccature, sostituzioni parziali ecc.) si potrà eseguire la procedura.

Il prodotto utilizzato per la protezione o disinfestazione dovrà presentare un bassissimo grado di tossicità, non dovrà formare una pellicola superficiale, produrre alterazioni cromatiche e dovrà consentire l'eventuale applicazione di una successiva verniciatura. L'applicazione del prodotto potrà essere fatta a pennello o a spruzzo (in questo caso l'operatore dovrà ricorrere alle opportune protezioni per gli occhi e per le vie respiratorie) in modo da garantire una copertura uniforme della superficie; a tale riguardo potranno essere applicate più mani relazionandosi allo specifico prodotto utilizzato. Ad essiccazione del prodotto avvenuta (in media 4-6 ore) la parte trattata dovrà essere carteggiata (nel senso della venatura del legno ricorrendo all'uso di carta abrasiva di grana 100, 120) al fine di eliminare le eventuali fibre legnose rialzate durante l'applicazione del prodotto. Nel caso in cui all'interno del materiale si dovesse riscontrare la presenza d'insetti si dovrà procedere alla disinfestazione puntuale.

5. Pittura

Utilizzare uno smalto sintetico, sulle superfici in legno già preparate, a due mani a coprire.

L'applicazione del prodotto potrà essere fatta a pennello o a spruzzo (in questo caso l'operatore dovrà ricorrere alle opportune protezioni per gli occhi e per le vie respiratorie) in modo da garantire una copertura uniforme della superficie; a tale riguardo dovrà essere applicato nel numero di mani stabilito relazionandosi allo specifico prodotto utilizzato.

6. Avvertenze generali

Tutti i materiali sopra elencati dovranno essere autorizzati, prima delle rispettive utilizzazioni, dall'Ufficio della Direzione dei Lavori.

Nel corso dei trattamenti dei manufatti stessi, si dovrà tener conto della eventuale presenza di corpi estranei (quali, ad esempio, chiodi o simili) e adottare ogni accorgimento e provvedimento per evitare futuri danni alle pitture o vernici dipendenti appunto dai già menzionati corpi estranei.