

## Il restauro delle opere in legno

*Le difficoltà che si incontrano nel restauro di materiali tradizionali come il legno conducono il più delle volte a sostituzioni con materiali del tutto nuovi e diversi, quale acciaio, calcestruzzo o altro. Queste rovinose soluzioni sono per lo più dovute alla scarsa conoscenza delle caratteristiche di tali materiali tradizionali, poiché nelle scuole tecniche e nelle università si insegna a progettare e ad eseguire opere in materiali moderni e non in quelli tradizionali, come il legno, la pietra, il laterizio. Eppure non mancano studi tecnici e volumi in cui si insegna a trattare i materiali tradizionali. Per aumentare la sensibilità su tali temi, e per fornire ai proprietari di edifici storici alcuni elementi di conoscenza in proposito, si offrono all'attenzione di chi vuole impostare restauri corretti delle parti lignee dei monumenti ad essi affidati, alcune pagine tratte da Gennaro Tampone, "Il restauro delle strutture lignee", Hoepli, Milano 1996.*

### 1. Progettazione e conduzione delle opere

#### 1.1. Competenze di progettazione

La complessità del restauro, la vasta esperienza progettuale ed operativa che chi opera deve possedere oltre alle conoscenze specifiche, l'ampiezza dello spettro di motivazioni che, ben lungi dall'esaurirsi in quelle di ordine pratico e contingente, coinvolgono aspetti di carattere storico, ideologico, politico, sociale nonché, a livello particolare e generale, anche economico, conferiscono a questa attività preminenti connotazioni culturali.

Conseguentemente la progettazione del restauro non dovrebbe essere atto di ideazione e di volontà di un singolo professionista ma il prodotto di una dialettica collaborazione (collegialità) tra più professionisti di pari livello e specializzazione differente (ciò che nella pubblica amministrazione è assicurato, almeno in parte, dai livelli gerarchicamente progressivi di approvazione; per i privati, dai controlli istituzionali). Le linee generali dell'intervento devono essere sottoposte preventivamente al pubblico dibattito (consenso); la progettazione infine deve basarsi sull'apporto conoscitivo di tutte le discipline afferenti (pluridisciplinarietà).

Si profilano in tal modo, sotto l'aspetto procedurale, le figure dei progettisti (architetti restauratori e strutturisti) che devono provvedere alla progettazione e devono assumerne la responsabilità sia ideale che civile e penale secondo gli ordinamenti professionali

vigenti, e le figure degli esperti che sono chiamati a dare consulenze in storia dell'architettura, storia della tecnologia e delle strutture, tecnologia del legno, entomologia ecc. bene precisare che sarebbe un grave errore mescolare le attribuzioni delegando di fatto, in tutto od in parte, l'ideazione progettuale agli esperti; è opportuno però che i progettisti verifichino le ipotesi progettuali con il Collegio (lei Consulenti ricevendone indicazioni ed a tal fine è necessario che il rapporto di collaborazione si estenda per tutta la durata dell'intervento).

A questo proposito si ricorda che, ai sensi dell'art. 2 della legge 10.2.1992 n. 145, gli organi periferici del ministero dei beni culturali ed ambientali (Soprintendenze) cui compete il restauro dei beni predispongono direttamente i progetti di restauro ovvero, in caso di motivata impossibilità (cioè, tra l'altro, assenza delle competenze specifiche all'interno degli organi stessi), affidano tali progetti esecutivi, mediante convenzione, ad istituti universitari o di alta cultura ed a professionisti esterni.

#### 1.2. Obiettivi della progettazione

Si tratta in generale di soddisfare diverse esigenze, quali tutela (conservazione), utilizzazione, sicurezza.

Quello della conservazione della strutture è certamente prioritario, tanto da condizionare gli altri nel senso che l'utilizzazione materiale sarà possibile



solo allorché con l'intervento di restauro si potrà conferire all'edificio monumentale ed alla struttura lignea un sufficiente grado di sicurezza per le vite umane e per lo stesso manufatto, senza alterare sostanzialmente le strutture. La stessa utilizzazione materiale è condizionata dalla congruenza con i caratteri, non necessariamente solo strutturali, dei manufatti, tanto che in taluni casi solo la fruizione culturale è possibile.

Tra i denotati della conservazione vi è da considerare l'esplicitazione dei caratteri peculiari della struttura, amplificandone il messaggio tecnologico ed, in generale, culturale. Ciò non si ottiene necessariamente con operazioni materiali, ma anche letterarie, grafiche ecc.

### 1.3. Oggetto della progettazione

Restaurare una struttura portante lignea antica significa compiere una serie di atti di studio, classificazione, catalogazione, tutela e prevenzione nonché eseguire operazioni dirette di eliminazione totale o parziale delle cause perturbatrici, di consolidamento, rafforzamento, adeguamento, trattamento (di protezione, di finitura, di indurimento ecc.); inoltre di documentazione dell'intervento, di monitoraggio, di manutenzione ordinaria.

Tra gli atti di tutela e di prevenzione, che costituiscono oggetto di una progettazione allargata ed a lungo termine, si devono certamente includere i seguenti:

- Censimento; precatalogazione; catalogazione di strutture lignee in un determinato ambito territoriale o costruttivo o temporale.
- Raccolta della documentazione storica ed archivistica inerente la struttura ed il suo contesto costruttivo nonché studio ed orientamento.
- Proposta di notifica (se questa non c'è) della struttura seguendo le apposite procedure stabilite dalla legge 1089/1936.

È necessario sottolineare a tal proposito che il vincolo richiesto dovrà riguardare la struttura in sé stessa per quanto concerne autore, data o periodo, configurazione strutturale, tipologia, materiali, lavorazione, decorazione, alterazioni, restauri ecc. Infatti nella maggior parte dei casi il vincolo se esistente riguarda genericamente l'intero edificio e se in esso non vi è specifica menzione della struttura, gli operatori non ne terranno conto particolare. Ciò ha portato ai maggiori misfatti di distruzione proprio di strutture antiche,

Riordino degli ambienti nei quali si trova la struttura, soprattutto eliminando oggetti ingombranti ed occultanti, eliminando dal contatto diretto con il legname gli oggetti materiali a bassa capacità termica, come metalli e vetri, riducendo il numero di oggetti o di arredi pesanti e, in ogni caso, migliorandone la distribuzione; compiendo inoltre accurate pulizie periodiche.

Ispezioni periodiche (la frequenza sarà stabilita dalle esigenze specifiche, dalle condizioni generali, dal decorso dei dissesti ecc.) ovvero controllo mediante una sistematica rete di monitoraggio (condizioni igrotermiche degli ambienti, ricambi d'aria, umidità dei legnami, deformazioni, fessurazioni ecc.). A tal fine è indispensabile realizzare camminamenti e passerelle sulle parti meno accessibili quali sottotetti.

Periodici ricambi d'aria a tutto campo ma di breve durata, tenuta in efficienza o miglioramento delle aperture esistenti, ovvero dotazione di nuove apposite aperture e canali di areazione anche l'orzata non trascurando la messa in opera di reti per impedire l'intrusione da parte di piccoli animali (volatili, roditori ecc.); sui tetti in particolare si può provvedere alla sistemazione di tegole con manica d'aria protetta.

- Intervento di restauro sulle strutture (descritto estesamente negli altri capitoli).
- Consolidamento, rafforzamento, adeguamento degli altri sistemi strutturali collaboranti quali strutture murarie, metalliche ecc.
- Documentazione degli interventi eseguiti, compresi quelli di manutenzione ed assolvimento dei doveri della pubblicazione.

### 1.4. Criteri generali

Sono qui riportati quelli più importanti per la progettazione. È impossibile, è ovvio, seguirli tutti contemporaneamente; il progettista del restauro determinerà quindi quali siano quelli prioritari rispetto alla natura ed alle condizioni del monumento imponendo, con criteri di ottimizzazione, la minima trasgressione degli altri.

L'incondizionata enunciazione dei criteri generali è tuttavia della massima importanza al fine di orientare già a monte la tecnologia nelle proprie fasi di sviluppo e di evoluzione: infatti ciò che oggi non è realizzabile per la mancanza di tecnologie e tecniche finalizzate potrebbe esserlo in futuro allorché l'istanza ideologica, tradotta con chiarezza in termini applicativi, avrà provocato una adeguata risposta sul piano tecnologico cioè di processo, di macchine operatrici, di apparecchi di misura e di controllo nonché di esperienza e di legittimizzazione econo-



mica. Essi sono:

- adottare un regime di carichi d'esercizio compatibile non solo con la struttura lignea ma con tutti i sistemi strutturali presenti
- eliminare, se possibile, le cause dirette di degrado, prima di eseguire qualsiasi intervento
- conservare l'autenticità del monumento nella sua realtà di configurazione, di materiali, apparecchio, tessitura, decorazioni, di funzione, di comportamenti assunti, di restauri pertinenti ecc., non cancellando le manifestazioni del degrado esistente, quali deformazioni od altro, sempreché queste siano giudicate non pregiudizievoli all'efficienza in esercizio della struttura, ovvero documentandole accuratamente per l'anamnesi
- ridurre al minimo il sacrificio del materiale originario e dare la preferenza a tecniche non cruente
- recuperare le resistenze residue e lasciare alla struttura almeno in parte, la funzione portante
- assicurare la rigidità del sistema oltre che la resistenza delle strutture alle sollecitazioni
- ricercare la reversibilità delle operazioni compiute e la asportabilità dei dispositivi alloctoni inseriti
- conservare, se non pregiudizievoli per la stabilità, i gradi di libertà che la struttura e le membrature hanno od hanno assunto, limitandone semmai l'escursione o l'ampiezza
- progettare la regolabilità delle parti alloctone perché il loro comportamento si accordi a quello della struttura quindi progettare, laddove possibile, anche l'accessibilità di tali parti
- rendere percepibile l'intervento alla osservazione ravvicinata senza però turbare la visione generale; in particolare rendere percepibili e riconoscibili i nuovi apporti, specialmente se di legno
- estendere la progettazione del restauro e dei relativi provvedimenti a tutto il sistema strutturale anche se essi operativamente riguarderanno solo parti del sistema.

Precisando quanto già detto a proposito della utilizzazione, per strutture sane ma insufficienti ed inadeguate, secondo la normativa vigente, a sopportare i carichi tipo previsti, la politica migliore, se attuabile, è di ridurre e meglio distribuire i carichi di esercizio al fine di non superare le possibilità prestazionali della struttura. Ciò si ottiene limitando l'uso (numero di persone presenti contemporaneamente sugli orizzontamenti, arredi, carichi fissi ecc.); apposite targhe ben visibili segneranno le limitazioni. In altri termini sono sconsigliabili gli interventi di rafforzamento.

La decisione sull'adozione del criterio della limitazione dei carichi d'esercizio deve naturalmente esse-

re presa tenendo conto globalmente delle necessità dell'edificio cui la struttura appartiene.

Si deve operare, nella scelta dei criteri, un cambiamento totale di filosofia rispetto agli orientamenti correnti:

- non la filosofia basata esclusivamente sull'efficienza e sulla funzionalità (visione tecnicistica) ma la filosofia della conservazione, dell'uso prudente e limitato, dell'ammissibilità delle tensioni globali della struttura.

Dev'essere precisato, anche ai fini burocratici (autorizzazione comunale, denuncia e deposito al Genio Civile nelle zone sismiche ecc.), che i progetti di restauro delle strutture portanti, proprio per la necessità di non alterare consistentemente la natura della struttura stessa, si qualificano, ai sensi della vigente normativa per l'edilizia in zone sismiche, in particolare la legge 1086 del 5/11/1971, come interventi di manutenzione straordinaria e più in generale di miglioramento e non di adeguamento; i quali ultimi appunto richiedono oltre ad una riconsiderazione di tutta la struttura, delle altre strutture presenti, delle interazioni con i terreni di fondazione ecc., anche la sostanziale modifica ed integrazione della struttura nel suo complesso.

Qualora tale necessità si verificasse per gli edifici e per le strutture monumentali (ma ciò è raro, perché altrimenti la struttura non avrebbe avuto qualificazioni e caratteristiche tali da permetterle la sopravvivenza) l'approccio progettuale deve prendere in considerazione la possibilità di ricorrere a presidi del tutto estranei a cui demandare, aggiungendo ma non integrando, la prestazione che la struttura stessa non è in grado di compiere: tali sono per esempio gli organi permanenti passivi di ancoraggio, le torri di stabilizzazione ecc. il criterio citato, certo tra i più importanti, della conservazione dell'autenticità della struttura nelle sue componenti specificate, tra le quali l'apparecchio, cioè l'orditura, si traduce nella opportunità sotto il profilo ideologico ma anche pratico, di preferire le tecniche che non comportino smontaggi, se non in lieve misura, ogni qualvolta ciò sia possibile.

Gli smontaggi infatti oltre a richiedere scollegamenti di membrature, di unità intere, di elementi sussidiari ecc., costringono, nel rimontaggio, ad allontanare dal cantiere una alta percentuale di pezzi, deteriorati proprio nella fase di smontaggio o resi inservibili, e successivamente al reintegro con pezzi non originali; ciò costringe, inoltre, a reinterpretare, più o meno fedelmente, il magistero e le connessioni originarie con una conseguente alterazione della distribuzione delle tensioni così come si era determinata in eserci-

zio e con le inevitabili differenze di comportamento dei nuovi pezzi.

Le tecniche di intervento in opera dunque ancorché più complesse anche se non necessariamente più sofisticate, comportano, in definitiva, costi minori perché consentono di risparmiare oltre che per le stesse operazioni di smontaggio, allontanamento dal cantiere, successivo rimontaggio ecc., anche e soprattutto nell'inevitabile reintegro di nuovo materiale e nella sua lavorazione, anche di finitura, per adeguarlo al materiale esistente.

Deve inoltre essere precisato a chiare lettere che il criterio di conservare l'autenticità nelle sue varie componenti come indicato noti riguarda solo i grandi elementi strutturali (pilastri, travi, capriate, colmi, terzere ecc.) ma anche la inedia e la piccola orditura quali travicelli, travetti, tavolati, listelli, mensole di tetto, dormienti ed altro perché in caso contrario si distrugge il contesto strutturale e materico delle parti strutturali maggiori, si altera cioè o si distrugge la coerenza tecnologica e temporale e si distruggono i nessi esistenti tra le due connotazioni.

A proposito della regolabilità dei dispositivi da inserire, sono necessarie alcune precisazioni.

Allorché i dispositivi di rinforzo non possono essere resi regolabili è opportuno adoperare elementi sovradimensionati, cioè rigidi e poco deformabili (ricorrendo, per es., ad acciai ad alta resistenza per ridurre l'ingombro).

Se invece i dispositivi di rinforzo sono accessibili e regolabili, com'è auspicabile, sarà più opportuno ricorrere a dispositivi ed elementi che possano subire senza danni o cedimenti il rilassamento delle tensioni, siano cioè deformabili (in generale elongabili) e quindi in grado di assecondare entro limiti prestabiliti i movimenti della struttura da riparare (per gli elementi d'acciaio si sceglieranno acciai duttili di non elevata resistenza specifica).

Scegliendo, come sembra preferibile ogni qualvolta se ne verifichi la possibilità, dispositivi non legati al legname in modo continuo ma solo in un numero discreto di collegamenti (tecniche unbonded) questi possono, e talvolta devono, essere progettati in modo da consentire quei movimenti principali della struttura o di sue parti che non compromettono la stabilità: il problema viene cioè riportato ai collegamenti, più facili da manipolare e tenere sotto controllo, anziché agli elementi resistenti di rinforzo.

### 1.5. Criteri tecnologici

Quanto alla scelta della tecnologia più adeguata, gli elementi che possono guidare le scelte sono i seguenti:

- tipo del degrado strutturale, biotico, danni da

fuoco o da eventi accidentali, ecc.

- estensione del degrado
- stadio del degrado.

Inoltre

- carattere provvisorio o definitivo dell'intervento
- possibilità o meno di smontaggio o rimozione di parti, non necessariamente lignee (ad es. pavimento)
- esposizione o riparo da agenti di perturbazione o di degrado.

Nelle strutture lignee in particolare bisogna ricordare che uno dei requisiti fondamentali da ricercare è quello della indeformabilità.

Sul piano più strettamente tecnico, si osserveranno le seguenti regole:

- iniziare dalle parti inferiori dell'edificio per assicurare stabilità ed assenza di movimenti; quanto alle strutture vere e proprie la progressione da tenere, salvo scelte diverse dettate da situazioni particolari, muove dalle opere di presidio temporaneo per passare agli interventi sulle membrature estendendosi alle unità strutturali e successivamente a tutto il complesso strutturale omogeneo ed alle connessioni interne.

Indipendentemente si svolgeranno le opere, se previste, sugli altri sistemi strutturali presenti ai corrispondenti livelli di altezza. A completamento si opererà sulle connessioni esterne.

In taluni casi si dovranno preventivamente sciogliere alcune connessioni

- iniziare dalle parti più dissestate, quindi in condizioni\* più precarie, ed in seguito operare sulle altre; questo criterio però può venire disatteso a volte per seguire una progressione parzialmente o totalmente opposta qualora circostanze particolari lo richiedano.
- evitare l'occultamento di larghe superfici lignee a vista non solo con i rinforzi ma anche con teli od altri materiali.

### 1.6. Strutturazione dei progetto

Il criterio più importante da seguire in ogni caso è di redigere un progetto generale delle opere da compiere pur tenendo ben presente che i progetti di restauro nella maggior parte dei casi sono progetti di massima (v. in particolare circ. minis. beni culturali ed ambientali n. 1257/002/G del 30/06/1982) e che modifiche saranno in seguito necessarie. Il progetto generale dunque permetterà una visione complessiva



delle opere da eseguire e delle loro finalità e dovrà avere un notevole grado di flessibilità.

La flessibilità va ricercata principalmente nelle previsioni economiche del progetto stesso, non escludendo a priori soluzioni che appaiono possibili ancorché poco probabili, prevedendo quantità prudenzialmente elevate per ogni singola categoria di lavori e lasciando somme cospicue per gli imprevisti, variabili a misura del grado di indeterminazione del progetto. Ciò non compromette ovviamente, la possibilità, specialmente per le opere di conto delle amministrazioni pubbliche, allorché si verifichi la cosiddetta sorpresa di situazioni imprevedibili, di procedere ad un aggiornamento economico con finanziamenti supplementari.

Il progetto generale comprende il progetto del cantiere di studio (il "preprogetto") che solo in tal modo consentirà di compiere indagini finalizzate, quindi mirate oltre che di dare risposta a quesiti di carattere filologico o di natura conoscitiva anche svincolati da esigenze applicative. Il cantiere di studio ha anche il significato di una serie di operazioni sistematicamente condotte in situ, in laboratorio od in altro cantiere, per studiare, per es., il giusto dosaggio di conglomerati, malte, adesivi ecc., per ricercare configurazioni che migliorino la stabilità, determinare l'efficacia dei dispositivi, condurre prove su modelli ed altro.

Un criterio che si raccomanda vivamente di seguire nel restauro ed in particolare nel restauro delle strutture è quello di procedere per stralci successivi ed il cantiere di studio sarà appunto il primo stralcio. Ma poiché le necessità di indagine, che si palesano in tempi differiti, non si esauriscono con il cantiere di studio, la suddivisione delle opere definitive in più stralci darà la possibilità di rivedere e ridefinire il progetto generale in modo tempestivo e flessibile; a questo proposito anche gli stralci successivi conterranno previsioni per ulteriori prove.

Per quanto concerne gli affidamenti è sempre opportuno incorporare il restauro delle strutture lignee dalle altre opere di restauro architettonico al fine di avvalersi di imprenditori specializzati con esperienze adeguate ed operai esperti ma anche disponibili a comprendere ed a mettere in atto la filosofia della conservazione e non quella del rifacimento. Sarà dunque necessario redigere un progetto completo di relazione, grafici, computo metrico estimativo, capitolato con elenco prezzi.

Il programma delle determinazioni sarà elaborato dal progettista con l'ausilio dei consulenti (ai quali altri potranno in seguito aggiungersene) seguendo criteri di giusta misura per tipo ed estensione delle indagini, curando che siano sufficienti ed al contempo non

eccessive; in questo secondo caso si corre il rischio di ottenere risultati non omogeneamente diffusi, talvolta difficilmente interpretabili, sicuramente poco gestibili e scarsamente correlabili.

Cura particolare va posta nel limitare drasticamente le prove distruttive od invasive; in ogni caso la posizione, il numero, la grandezza e le modalità di prelievo dei singoli campioni devono essere proposti dal consulente ma autorizzati preventivamente dal progettista.

È necessario programmare, (anche per quanto concerne le previsioni di spesa) l'integrazione collegiale dei risultati: per esempio i rilievi formali e dimensionali divengono il supporto per carte tematiche di altre determinazioni. È poi raccomandabile procedere alla informatizzazione dei dati, in forma tale che l'archivio possa essere successivamente integrato ed esteso.

## 2. Il capitolato

### 2.1. Struttura

Il capitolato speciale d'appalto, la cui elaborazione costituisce un fondamentale atto progettuale, assume importanza particolare per il restauro architettonico campo nel quale non solo conta la natura delle lavorazioni e delle opere che devono essere eseguite ma hanno importanza fondamentale le modalità con cui tali opere e prestazioni vengono eseguite ed assumono rilevanza notevole gli oneri derivanti.

Lo strumento progettuale più adeguato per assicurare il rispetto di tali modalità e l'assolvimento di tali oneri è appunto il capitolato speciale d'appalto e l'elenco dei prezzi che di esso fa parte integrante.

L'esigenza di capitolati tipo per opere di restauro è oggi molto avvertita e da più parti, compreso il ministero dei beni culturali a mezzo della Commissione NORMAL, si compiono studi e si formulano proposte. È stata prioritariamente posta in discussione la struttura del capitolato tipo pubblicato a stampa dal ministero dei lavori pubblici, filtrata e adeguata attraverso una costante secolare applicazione: è stato unanimemente riconosciuto che tale struttura è ancora idonea e rispondente alle necessità attuali. Quanto al testo esso deve, come peraltro è sempre avvenuto, adeguarsi agli orientamenti ed alla normativa vigenti e tenere conto, come è appunto il caso dei restauri di esigenze particolari peraltro mutevoli in uno spettro assai ampio.

E dunque a questo capitolato tipo ed alla sua struttura che si riferiranno le indicazioni che seguono che peraltro l'autore sviluppa nell'ambito della predetta Commissione NORMAL.

## 2.2. Natura dell'operazione

Già nel Capo I, "Oggetto ed ammontare dell'appalto. Designazione, forma e principali dimensioni delle opere" del Capitolato speciale deve essere specificato all'art. 3 con grande cura, sia pure nella maniera sintetica prevista, oltre alla natura ed alla entità delle opere, quali siano in generale la natura ed il carattere della operazione che si intende compiere. A questo proposito sarà opportuno usare sempre, preliminarmente, la parola chiave conservazione, e poi specificare consolidamento, adeguamento rafforzamento ecc. chiarendo senza indugi che le sostituzioni ed il sacrificio del materiale dovranno essere ridotte al minimo indispensabile e che le lavorazioni dovranno preferibilmente essere compiute in opera.

Sarà poi anche opportuno precisare se, come di fatto sarebbe auspicabile, le opere affidate sono uno stralcio di opere più generali comprese in un progetto generale, obiettivi e finalità di quest'ultimo e degli stralci successivi; saranno in tal modo rese note la natura e la progressione delle opere.

Quanto alla designazione delle opere, vi saranno comprese di massima, le opere provvisoriale, i puntellamenti, le opere definitive, salvo che alcune di esse, come i ponti di servizio (da comprendere tra le opere provvisoriale) non siano affidate ad altri imprenditori ed in tal caso esse devono essere elencate tra le "opere escluse dall'appalto" all'articolo 3. Queste precisazioni permetteranno chiari orientamenti da parte dell'imprenditore sin dalle fasi di esame del progetto anteriori all'aggiudicazione e contribuiranno ad evitare alcuni spiacevoli malintesi che ricorrentemente si verificano durante la esecuzione dei lavori.

## 2.3. Caratteristiche e qualità dei materiali

Nel Capo II, nella parte I "Qualità e provenienza dei materiali", è necessario precisare le caratteristiche dei legnami per le sostituzioni indispensabili, nei termini già precisati nell'apposito capitolo, e quelle dei prodotti che si useranno in associazione, in particolare gli acciai, precisando il prodotto (profilati a freddo od a caldo, barre, piatti, trefoli normali, inox, cromati ecc.) la forma, se a bassa resistenza (duttili) o ad alta resistenza, protetti da antiruggine, vernici ecc., ovvero decappati, nudi o rivestiti (per i cavi), lavorati (sagomati, piegati, forgiati, forati, smussati, rettificati lungo gli spigoli, tagliati, saldati ecc.); gli adesivi (colle a legno, colle industriali, adesivi epossidici ecc.), il loro potere adesivo, il tempo di presa,

la diluizione, la viscosità, la confezione (in barattoli per prodotto e diluente, in fiale bicomponenti ecc.); inoltre, la minuteria metallica (viti, chiodi, bulloni, staffe ecc.) la cui importanza è tanto grande quanto poco diffusa è la conoscenza delle caratteristiche dei prodotti commerciali: a questo proposito si può dire in generale che sono da preferire quelli non facilmente attaccabili dalla corrosione (ottonati, zincati, o meglio ancora d'ottone, di acciaio inox ecc.).

Per quanto attiene i trattamenti dev'essere precisato se i prodotti ed in particolare i solventi, siano ad acqua od organici, e se i trattamenti stessi debbano essere effettuati a pennello, a spruzzo o per iniezione; per la gasificazione le modalità vanno concordate con le ditte specializzate.

## 2.4. Modalità esecutive

La parte II (Modo di esecuzione di ogni categoria di lavoro) del Capo II, con uno o più articoli appositi, è la sede più idonea per specificare le modalità esecutive delle singole lavorazioni; specificazioni ancora più complete ed a queste corrispondenti saranno poi contenute nell'elenco dei prezzi.

Tra le modalità specifiche più ricorrenti si riportano le seguenti.

Consolidamenti, rafforzamenti, adeguamenti ecc. si eseguono preferibilmente in opera, prendendo le opportune precauzioni e misure per la sicurezza limitando al minimo gli smontaggi mantenendo quindi i materiali originari e l'orditura.

Qualora sia necessario procedere a qualche smontaggio si dovranno apporre contrassegni debili sulle parti da rimuovere tali da identificarne la posizione e l'orientamento e si dovranno ordinatamente depositare, conservare, proteggere gli elementi rimossi (v. anche l'onere").

Prima di intraprendere qualsiasi lavorazione si dovranno adottare tutte le misure, integrative di quelle generali, alte ad evitare danni agli elementi in opera di qualsiasi materiale essi siano (v. anche "oneri"). Ciò vale in particolare per l'impiego di centine o puntelli localizzati.

Le lavorazioni che comportino l'uso di acqua o di solventi o di adesivi che sgorando potrebbero causare danni agli elementi architettonici, di legno o di altro materiale o decorativi ecc. devono essere effettuate con tutte le precauzioni, gli accorgimenti e le attrezzature necessarie.

In taluni casi alcune di tali lavorazioni devono essere evitate.

Le lavorazioni che comportino l'impiego di fiamme sono in generale vietate, salvo che l'imprenditore non dimostri che sono state adottate una serie di



misure che riducano considerevolmente i rischi di incendio. Per il collegamento di dispositivi collaboranti di qualsiasi materiale, temporanei o definitivi, si dovranno mettere in opera elementi esterni di aggancio quali collari, staffe ecc., piuttosto che procedere a giunti cruenti; tali elementi devono essere proporzionati e disegnati in modo tale da ridurre al minimo la superficie di contatto con il legname pur risultando pienamente efficaci. L'applicazione di dispositivi definitivi di qualsiasi natura deve avvenire solo su parti perfettamente integre del legname in opera e quindi è necessario procedere ad una accurata ispezione preventiva delle parti ove, secondo criteri di razionalità, è progettata l'apposizione. Per quanto concerne i puntellamenti che, a parte quelli topici, possono essere compresi nell'appalto come pure potrebbero, per la loro complessità, essere affidati ad altra ditta con più specifica specializzazione le modalità più importanti da prescrivere sono le seguenti:

- il corpo strutturale vero e proprio dei puntelli deve essere distanziato dalle strutture da consolidare, deve inoltre coprire minime parti lignee per evitare danni da condensa, per consentire ispezionabilità e trattamenti
- devono essere progettati in modo tale da consentire il passaggio di operai e di mezzi d'opera in alcune direzioni prestabilite
- devono agire non direttamente ma tramite diffusori delle tensioni e le parti direttamente a contatto con la struttura siano preferibilmente non impermeabili, per es. legno.
- lasciare libere le parti danneggiate per cause meccaniche o biotiche oppure affette da difetti; in alternativa prevedere la smontabilità degli elementi terminali dei puntellamenti e la ricostituzione temporanea in parti limitrofe
- essere regolabili in alcune direzioni di prevedibile assestamento, specie se si impiegano elementi deformabili come il legno. Ciò si attuerà mediante cunei già predisposti, tenditori, martinetti ed altri dispositivi. Tale regolabilità potrà altresì essere richiesta per indurre stati di coazione nella struttura da consolidare
- essere leggeri (per es., d'alluminio per usi strutturali) e naturalmente
- assicurare l'indeforabilità totale ancorché temporanea della struttura e quindi, in situazioni particolari, essere interni ed esterni, laterali e frontali ecc. con gli opportuni collegamenti tra le diverse parti
- essere posati su parti solide e stabili ed essere ancorati a parti affidabili; nel caso siano poggiati su solai, qualora necessario essi dovranno essere

estesi anche ai solai di uno o più piani sottostanti.

## 2.5. Oneri

Un capitolo di fondamentale importanza nel Capo III è quello relativo a "Oneri ed obblighi diversi a carico dell'appaltatore responsabilità dell'appaltatore". Vi si elencheranno oltre agli oneri, agli obblighi ed alle responsabilità di carattere generale, tutti quelli di natura particolare che l'argomento richiede. Tra quelli consueti, si ricorda l'obbligo di stipulare una polizza d'assicurazione contro i danni alle strutture ed alle cose di proprietà del committente che possono derivare da imprudenze, lavorazioni compiute in maniera inadeguata, uso improprio (per es. per le necessità di cantiere) di ambienti cori strutture, forniture, decorazioni pregevoli ecc.; inoltre danni causati da disattenzione, da urti, da incuria degli operai, da furti ecc. Dev'essere ben chiaro, tuttavia, che la stipulazione di una polizza assicurativa non esime l'appaltatore dalle proprie responsabilità civili e penali.

Una formula moderna d'assicurazione è la cosiddetta C.R.I. (Contractor's All Risks) che potrà essere opportunamente adattata al caso specifico.

Il compito principale dell'appaltatore è quello di mettere a disposizione del committente la propria esperienza sia nel campo strettamente tecnico ed esecutivo che in quello organizzativo. È dunque perfettamente legittimo richiedere che dopo l'affidamento oppure, se trattasi di committente privato, anche in sede di formulazione di offerta preventiva, l'appaltatore presenti un Piano del cantiere, che dovrà essere discusso con il progettista e con il direttore dei lavori e da questi approvato.

Il Piano del cantiere nella sua forma più generale contiene le previsioni in seguito precisate e si collega strettamente al Piano delle misure per la sicurezza fisica dei lavoratori prescritto dalla Legge 55 del 19/03/1990, nel quale si curerà che siano prese le misure adeguate e messi in opera i dispositivi necessari in relazione alle particolari lavorazioni che si devono compiere, alle particolari modalità da seguire, alla situazione degli ambienti di lavoro specialmente quando queste si compiono in sito.

Nel Piano del cantiere sono descritte le attrezzature da adottare e gli strumenti che l'appaltatore dovrà possedere e dovrà essere in grado di fornire a richiesta al direttore dei lavori, ai consulenti ecc. Tali strumenti sono: un rilevatore puntuale di temperatura e di umidità per il legno; almeno due termoigrografi a registrazione continua; un succhiello ed eventualmente una trivella; un microtomo; coltelli e taglierini; martello di plastica duro; Pylodyn; flessimetri (ed

inclinometri); apparecchiature per la determinazione del modulo di elasticità E; martinetti a vite e martinetti idraulici, eventualmente collegati con una centralina a registrazione continua; distanziometri.

Il Piano del cantiere, inoltre, contiene la previsione organizzativa di

- opere provvisoriale (ponti di ispezione e di lavoro con progetto esecutivo per le parti strutturali firmato da tecnico abilitato) opere di protezione dei manufatti esistenti.
- impianto di cantiere per adduzione e impiego energia elettrica per illuminazione con dispositivi antincendio almeno realizzato con cavi ad isolamento minerale firmato da tecnico abilitato; provvidenze di cantiere antincendio, provvidenze di condizionamento delle opere lignee e delle parti in deposito indicazione e predisposizione delle aree di lavorazione indicazione e predisposizione delle aree di deposito degli elementi smontati nonché delle misure di protezione con deposito isolato per gli elementi infestati
- progressione esecutiva delle lavorazioni secondo le indicazioni generali del capitolato e del direttore dei lavori
- indicazione dei modi di assolvere ai vari oneri particolari che il capitolato richiede, allegando eventualmente i progetti necessari.

Tra gli oneri dell'appaltatore dev'essere incluso quello non solo di prevedere ma anche di predisporre a proprie spese le opere di protezione dei manufatti e degli oggetti di pregio per evitare danni derivanti da accidenti durante le lavorazioni, da incuria e disattenzioni ecc.

Un altro onere che può essere previsto qualora le condizioni ambientali lo richiedano ed il cantiere assuma uno sviluppo temporale notevole è quello del mantenimento delle strutture lignee a condizioni termigrometriche non troppo discoste da quelle in cui normalmente si trovavano prima che il cantiere fosse installato. Il fattore di maggiore incidenza, come è noto, è l'umidità in relazione alla temperatura e quindi generalmente si interviene su di esso a mezzo di umidificatori o più sovente di deumidificatori. In taluni casi può essere utile e sufficiente introdurre chiusure provvisorie degli ambienti frazionandoli per settori ed impedendo troppo frequenti ricambi d'aria interni e con l'esterno.

In taluni casi particolari (per es. presenza di tarsie lignee) potrà essere richiesto un impianto di condizionamento di cantiere.

Come già specificato per il Piano di cantiere, durante lo svolgimento di questo devono essere previste provvidenze contro l'incendio ed in taluni casi un vero e proprio impianto (per es. di segnalazione dei fumi e di spengimento). Anche questo onere può

essere accollato all'appaltatore.

Si ricorda incidentalmente, che nei cantieri di restauro di strutture di legno dev'essere vietato fumare ed accendere fuochi e ciò dev'essere segnalato mediante numerosi cartelli.

Altro onere per l'appaltatore è costituito dalla fornitura e messa in opera di puntelli localizzati, centinate ecc. che permettono di rimuovere temporaneamente parti dei puntelli generali allorché si deve intervenire sulle parti lignee da esse nascoste. Si tratta quindi di mettere in opera una attrezzatura leggera, di facile manovrabilità, da riutilizzare nei successivi tratti in cui si svolgono le lavorazioni con le progressioni stabilite.

Prevale oggi un indirizzo particolare relativamente alle mansioni degli appaltatori, si tende cioè a mettere a frutto la loro esperienza esecutiva oltre che organizzativa come si è detto, richiedendo esplicitamente che le opere eseguite offrano effettivamente le prestazioni richieste, in tal modo chiamando in causa anche la responsabilità dello stesso appaltatore per quanto concerne l'efficienza e la sicurezza. Ciò è in accordo con la dichiarazione di eseguibilità che l'appaltatore deve rilasciare per la realizzazione di strutture in zone sismiche.

L'efficienza delle opere realizzate o di quelle restaurate è verificata mediante esami prestazionali che riguardano i materiali impiegati (l'onere di dimostrare la qualità e la rispondenza alle prescrizioni è sempre, in generale, attribuito all'appaltatore) e le strutture complete. Per queste non è in generale sufficiente una generica descrizione dell'onere della dimostrazione nel relativo capitolo e forse non è nemmeno legittima; essa deve essere integrata con un riferimento esplicito nell'elenco prezzi nella voce di ciascuna lavorazione o di opera parziale, nella quale deve essere pure specificato quanto estesa la prova stessa debba essere (per es., prove di estrazione dei connettori tra trave lignea e soletta in c.a. collaborante, da compiersi una ogni certo numero di connettori, numero da determinarsi in base a diversi fattori e circostanze specifiche). L'inserimento nella voce dell'elenco prezzi presuppone l'analisi dell'incidenza di mano d'opera, di nolo e uso dei mezzi, di materiali impiegati per le prove: ciò denoterà inequivocabilmente che il valore numerico del prezzo tiene conto di tutti gli oneri menzionati.

L'onere della calcolazione delle strutture, in generale per le nuove costruzioni, è attribuito per consuetudine all'appaltatore che dovrà incaricare uno strutturista di propria fiducia e di gradimento del committente; nel caso del restauro architettonico in generale e di quello delle strutture lignee in particolare non sembra che tali incombenze e l'onere relativo possano essere delegate.



La natura stessa dell'intervento che riguarda proprio le strutture, la peculiarità del processo di calcolo da seguire consistente in una iterazione di verifiche e di dimensionamento progettuale nel quale anche gli aspetti esecutivi e formali sono importanti richiedono l'attività del progettista, eventualmente associato ad uno strutturista esperto ed attrezzato per il calcolo.

Sotto questo profilo della chiarezza contrattuale, è opportuno che tutti gli oneri elencati che abbiano stretto carattere operativo, nel senso che sono connessi a specifiche lavorazioni, siano richiamati nella voce dell'elenco dei prezzi corrispondente.

Tutti gli oneri descritti dovranno poi essere richiamati all'articolo relativo alle norme per la misurazione e valutazione dei lavori.

Gli oneri a carattere più generale invece, che a giudizio del progettista si configurino in provvidenze, uso di attrezzature ecc. che non rientrano nella normalità delle prestazioni e costituiscano un insieme omogeneo rilevante ovvero quegli oneri che pur attribuibili all'Appaltatore per legittimità e consuetudine assumano, in casi particolari, entità rilevanti, devono essere compensati a parte, a misura (se possibile con una apposita voce legata alla misura della lavorazione cui si riferisce) nell'elenco prezzi ovvero a corpo; in tale secondo caso devono essere indicati nell'articolo di capitolato "ammontare dell'appalto".

Non si deve inoltre dimenticare la menzione di oneri generalmente già compresi nei tipi di capitolato quali quello della documentazione delle opere eseguite, specificando tipo ed entità (per esempio disegni con le relative specifiche e scale, tipi, formato, numero e frequenza delle riprese fotografiche), la documentazione e le prove sui prodotti impiegati, l'acquisto preventivo, la sigillatura e la custodia in cantiere degli stessi prodotti, la nomina di un responsabile qualificato del cantiere ecc., indicando le condizioni specifiche del caso tenendo però presente che le prestazioni richieste devono rientrare nelle competenze di un appaltatore specializzato in opere di restauro: così per es. non sembra lecito richiedere rilevazioni fotogrammetriche che, se necessarie, devono essere affidate ad altro operatore specializzato.

In fondo al capitolo degli oneri e degli obblighi dell'appaltatore è opportuno inserire, come per i consulenti e per le stesse motivazioni, il divieto di divulgare le caratteristiche tecniche dell'intervento se non con l'autorizzazione del committente. Peraltro nella pubblicazione finale l'appaltatore potrà assai proficuamente essere chiamato ad esporre quanto attiene alla organizzazione del cantiere, ai mezzi d'opera impiegati, alle difficoltà esecutive specificando anche l'approccio imprenditoriale alla

problematica, così fornendo elementi di grandissimo interesse documentario, critico e didattico che per pudicizia o reticenza spesso non sono ammessi nella pubblicistica ufficiale e specialistica.

## 2.6. Norme di misurazione

Quanto alle vere e proprie norme di misurazione, lasciando se applicabili quelle generali dettate ormai dalla consuetudine, tutti i lavori di intervento sull'esistente non compresi nei tipi di capitolato oggi disponibili devono essere valutati a misura senza ricorso a semplificazioni di carattere contabile. L'unità di misura è scelta dal progettista quale parametro più significativo per ciascuna voce in base alle analisi dei prezzi, tanto più necessarie quanto più la prestazione e/o la fornitura sono insoliti.

## 2.7. Progressione dei lavori

Un apposito articolo della parte III del Capo II del Capitolato dovrà sancire, in maniera del tutto contraria a quanto stabilito dal tipo a stampa del ministero dei lavori pubblici, che l'appaltatore non ha facoltà di "sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale".

In realtà la progressione delle opere è stabilita dal progetto (vedi Criteri generali) e sarà precisato nel capitolato nella citata parte III del Capo II; a queste indicazioni l'appaltatore deve attenersi adeguandosi nelle previsioni operative che fanno parte del piano di cantiere (v.).

Il direttore dei lavori ripeterà e preciserà l'ordine da tenersi nei lavori in sede di consegna delle opere e ne farà esplicita accurata menzione, se il committente è un ente pubblico, nel verbale di consegna.

Il progetto può prevedere, in relazione a quanto sopra, scadenze intermedie per prestazioni ed opere prioritarie rispetto ad altre, ovvero per parti tra loro omogenee allorché necessità d'uso dei locali richiedano il frazionamento del cantiere; ma ciò meglio si attua con una ordinata programmazione e la ripartizione delle opere in stralci, come già specificato.

## Appendice al capitolo sul Capitolato

### Riferimenti normativi generali

*"Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"*, approvate con D.M.



14102/1992 del Ministero dei Lavori Pubblici.  
Eurocodice 5: Design of Timber Structures, aprile 1992.

“Nuove disposizioni per la prevenzione della delinquenza di tipo mafioso...” (Piano delle misure per la sicurezza fisica dei lavoratori), Legge n. 55 del 19/03/1990, che per le misure propriamente dette fa riferimento a

“Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”, D.P.R. 27/04/1955 n. 547 e

“Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni” D.P.R. 7/01/1956 n. 164.

### 3. Direzione dei lavori

Per le opere di cui si tratta la direzione è assai complessa e richiede un particolare impegno interpretativo del progetto e della realtà che via via si precisa e si affronta in cantiere; essa richiede inoltre un costante aggiornamento sullo sviluppo del cantiere stesso.

È altamente raccomandabile quindi che sia lo stesso progettista a compiere la direzione dei lavori, come è unanimemente auspicato e messo in pratica in tutte le opere di restauro architettonico, possibilmente con l'aiuto di un collega ingegnere od architetto che assicuri la permanenza continua in cantiere avendo però accertato preventivamente la disponibilità di questi a condividere pienamente condizione fondamentale i criteri generali del progetto.

Proprio a causa del notevole impegno che la direzione comporta è indispensabile l'opera di un assistente di cantiere (per le amministrazioni pubbliche, qualora questa non possa provvedere con proprio personale, è possibile il ricorso a professionisti esterni: si veda in proposito per esempio la norma della Regione Toscana contenuta nella L.R. n. 18 del 27.2.1975 “Norme per lo snellimento delle procedure in materia di lavori pubblici” che consente di destinare una somma non superiore al 6% per compilazione dei progetti, direzione dei lavori, assistenza, collaudo).

### 4. Consulenze

Il rapporto con i consulenti, dopo incontri singoli e collegiali per chiarire prioritariamente natura, estensione, correlazioni delle prestazioni, deve essere disciplinato con apposita convenzione da studiare caso per caso, su I presupposto fondamentale che si tratta di un rapporto fiduciario; la stessa scelta del consulente avviene infatti senza particolari formalità

sulla base della autorevolezza scientifica e tecnica. È opportuno che il rapporto venga tenuto aperto per tutta la durata delle opere, con opportune previsioni e scaglionamenti del pagamento degli onorari.

È opportuno che nella convenzione sia esplicitamente vietata al consulente la divulgazione non autorizzata dei risultati della ricerca, anche se ciò è implicito nel rapporto. Con questa riserva si intendono divulgazioni parziali ed unilaterali che inquinerebbero la corretta, completa, multidisciplinare esposizione dei risultati.

### Riferimenti

*Carta d'Atene, 1931* (v. per es. in Ceschi C., 1970, *Teoria e storia del restauro*, Bulzoni, Roma, ed in Gurrieri F., 1992, cit.), Capo V, a proposito di: materiali e tecniche moderne; dissimulamento dei dispositivi di rinforzo; mantenimento degli elementi in sito per evitare i rischi della disfatura e della ricostruzione (assente il concetto di apparecchio ed orditura originali).

*Carta di Venezia, 1964* (v. per es. ancora in Ceschi, cit.), art. 10 a proposito di: consolidamento con i più moderni mezzi di struttura e conservazione; dimostrata efficienza delle tecniche. Inoltre, art. 12 a proposito di elementi destinati a sostituire le parti mancate: armoniosa integrazione nell'insieme, distinzione dalle parti originali.

Giovannoni G., s.d. (ma 1945), *Il restauro dei monumenti*, Cremonese, Roma

Tampone G., 1990, *Problematiche del restauro delle strutture lignee ed odierni criteri di intervento*, in Atti del Congresso del restauro del legno (Firenze 1989), secondo vol. a cura di G. Tampone, Nardini editore Firenze 1990.

“*Raccomandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche*”, 1986, elaborate dal Comitato nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico, istituito dal Ministero per i beni culturali ed ambientali e dal Ministero per il Coordinamento della Protezione civile;

“*Indirizzi riguardanti le iniziative ed i comportamenti atti a limitare i danni al patrimonio culturale in caso di sisma*”, 1986, in particolare par. 1.4, *Raccomandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche*, c.s.

“*Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti*



di restauro comprendenti interventi di “miglioramento” antisismico e “manutenzione”, nei complessi architettonici di valore storico artistico in zona sismica”, approvate dal Cons. Naz. per la Prevenz. del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico, 1989 e trasformate in circolare dal ministero beni culturali ed ambientali.

*Circolare dei Ministero beni culturali ed ambientali n. 1257/002/G del 30/06/1982.*

Gurrieri F., 1992, *Restauro e conservazione. Carte del restauro, Norme, Convenzioni e Mozioni sul patrimonio architettonico ed artistico*, Ed. Polistampa, Firenze.

N.B. L'autore condivide la filosofia generale e gli indirizzi delle “Raccomandazioni” e gli “Indirizzi” citati ma non condivide le indicazioni progettuali relative proprio alle parti lignee

## 5. Progressione delle opere

Precisando e sviluppando quanto si è detto in 2.7. a proposito della progressione dell'intervento si propone il seguente quadro generale che riporta pure le possibili tipologie di intervento per ogni livello della gerarchia strutturale.

*1° Livello: Restauro delle membrature*

Membrature inflesse

- aumento del grado di vincolo
- riduzione virtuale della luce
- aggiunta di dispositivi resistenti a trazione ed a compressione
- aumento di sezione
- centinatura
- inserimento di nuovi elementi
- riduzione delle forze agenti (sostituzione)

Travi composte

- miglioramento generale dell'efficienza (rego-

lazione cerchiature, riposizionamento eventuali elementi di bloccaggio trasversali o regolazione eventuali controventature ecc.)

- riparazione indentature di aste compresse o pressoinflesse
- cerchiature
- chiodature
- aumento dei numero di elementi
- aumento della sezione
- aumento dei grado di vincolo
- introduzione di vincoli supplementari per ridurre la lunghezza libera d'inflessione (sostituzione)

*2° Livello: Restauro delle unità strutturali*

Unità strutturali

In generale

- restauro membrature
- restauro delle connessioni interne
- limitazione della deformabilità

Per i solai

- restauro delle travi
- aggiunta di solette in c.a. collaboranti
- aggiunta di dispositivi particolari
- collegamenti con le murature d'ambito

*3° Livello: Restauro del complesso strutturale*

- consolidamento parti, comprese le membrature complementari
- aumento della rigidezza complessiva (controllo della deformabilità)
- presidi esterni
- collegamento con altri sistemi strutturali. (controllo della defor presidi estranei)
- collegamento con altri sistemi strutturali



