

**ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI**

*Antonio Pugliano*

**A.**

**ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI**

*Carlo Blasi*

**B.**

**MATERIALI**

*Marisa Laurenzi Tabasso*

**C.**

**CEDIMENTI STRUTTURALI**

*Giuseppe Tosti, Carlo Blasi*

**D.**

**INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA**

*Paolo Rocchi*

**E.**

**NORMATIVE E PROCEDURE**

*Enrico Milone*

**F.**

**PROGETTO E DIREZIONE LAVORI**

*Mauro Civita, Roberto Gabetti*

**G.**

**APPROCCI METODOLOGICI**

*Marco Dezzi Bardeschi, Paolo Marconi,  
Andrea Bruno, Massimo Carmassi*

**H.**

**INTERVENTI**

*Marcello D'Anselmo, Giorgio Croci, Carlo Blasi,  
Leopoldo D'Inzeo, Paolo Oliaro, Mario Bonomo*

**I.**

**STRUTTURA E GEOMETRIA NELL'ARCHITETTURA STORICA**

*Antonio Maria Michetti*

**Ω.**

# ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI

## INDICE

Antonio Pugliano

**A.**

### A.1. EDILIZIA TRADIZIONALE

A.1.1. FONTI PER LA STORIA DEL COSTRUIRE .....	2
A.1.2. REGOLA DELL'ARTE NELLA TRADIZIONE PREMODERNA .....	2
• <i>Strutture murarie</i> .....	2
A.1.3. COMPONENTI DEGLI ORGANISMI MURARI .....	16
• <i>Strutture di fondazione</i> .....	16
• <i>Muri di elevazione</i> .....	21
• <i>Murature di orizzontamento</i> .....	25
• <i>Strutture lignee di orizzontamento</i> .....	30
A.1.4. REGOLA DELL'ARTE APPLICATA STORICAMENTE NEI SITI SISMICI ..	41
• <i>Danneggiamento sismico dell'edilizia storica</i> .....	41
• <i>Efficienza delle murature d'elevazione</i> .....	42
• <i>Collegamento delle murature tra loro ortogonali</i> .....	43
• <i>Morfologia dei volumi murari e loro stabilità</i> .....	44
• <i>Efficienza delle strutture murarie di orizzontamento</i> .....	44
• <i>Efficienza delle strutture lignee di orizzontamento</i> .....	44

# INDICE

**B.**

## **ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI**

*Carlo Blasi*

### **B.1. EDILIZIA MODERNA** (*Carlo Blasi*)

B.1.1. CEMENTO ARMATO ( <i>Giuseppe Carlo Marano, Tommaso Maria Massarelli</i> ) ...	2
• Premessa .....	2
• Note storiche e primi brevetti .....	2
• Normative .....	4
• Caratteristiche meccaniche dei materiali .....	6
• Tecnologie delle prime opere in cemento armato .....	7
• Tipologie tipiche delle prime opere in cemento armato .....	10
• Edifici industriali .....	22
B.1.2. FERRO E GHISA ( <i>Giuseppe Berardi</i> ) .....	24
• Note storiche .....	24
• Normative tecniche di riferimento .....	26
• Caratteristiche .....	27
• Profilati e lamiera .....	29
• Collegamenti .....	31
• Solai con travi in ferro .....	35
• Strutture in ghisa e in ferro .....	38
• Strutture in ferro .....	40

<b>C.1. LAPIDEI NATURALI</b> (Marisa Laurenzi Tabasso)	
C.1.1. MINERALI	2
C.1.2. CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE ROCCE	3
• Rocce ignee (eruttive o magmatiche)	3
• Rocce sedimentarie	4
• Rocce metamorfiche	7
C.1.3. PRINCIPALI CARATTERISTICHE FISICHE DEI MATERIALI LAPIDEI NATURALI E ARTIFICIALI	8
• Porosità	8
• Caratteristiche termiche	9
• Caratteristiche meccaniche	10
C.1.4. PROCESSI DI DETERIORAMENTO	11
• Interazione acqua-materiali lapidei	11
• Crescita dei cristalli nei mezzi porosi	12
• Inquinanti atmosferici	15
• Principali biodeterogeni e loro azione	17
• Morfologia del deterioramento	18
C.1.5. DIAGNOSI	19
• Importanza e finalità delle indagini diagnostiche	19
• Diagnostica sui materiali lapidei naturali	20
C.1.6. TRATTAMENTI CONSERVATIVI SUI MATERIALI LAPIDEI	21
• Premessa - Trattamenti di pulitura	21
• Trattamenti di consolidamento	24
• Trattamenti di protezione	27
<b>C.2. TERRA CRUDA</b> (Giacomo Chiari)	
C.2.1. CARATTERISTICHE	30
• Tipologia delle costruzioni in crudo	31
C.2.2. TIPOLOGIA DEGLI ELEMENTI DA COSTRUZIONE	32
• Terra usata direttamente allo stato solido, come la si incontra in natura - Blocchi di terra tagliati a zolle - Terra usata con aggiunta di acqua (stato liquido - stato plastico) - Terra armata - Terra utilizzata allo stato secco - Mattone crudo	32
• Come fabbricare un mattone in modo tradizionale - Additivi organici tradizionali - Meccanismo di presa nella terra cruda - Restringimento durante la presa	33
• Formazione dei muri a secco (pisé) - Uso di presse manuali sia a umido che a secco - Uso di additivi moderni, per lo più inorganici, per rinforzare i mattoni, sia prodotti con forme tradizionali che con presse: cemento, calce, gesso - Essiccamento al sole	34
C.2.3. MALTE ED INTONACI	35
• Malte - Intonaci	35
C.2.4. COMPOSIZIONE DELLA TERRA DA COSTRUZIONE	35
• Argilla - Fillosilicati	35
• Limo (silt) - Sabbia - Ghiaia	36
• Acidi umici	37
C.2.5. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE	37
• Analisi granulometrica, test di laboratorio - Prove empiriche sul campo	37
• Limiti di Atterberg (prove di laboratorio)	38
• Diffrazione dei raggi x. Metodo delle polveri - Prove tecniche	39
C.2.6. CAUSE DI DEGRADO	40
• Acqua	40
• Responsabilità del degrado	41
C.2.7. INTERVENTI DI CONSERVAZIONE	41
• Interventi contro l'acqua	41
C.2.8. CONSERVAZIONE DI SUPERFICI COLORATE	43
• Consolidanti	43
• Adesivi	45
<b>C.3. MALTE</b> (Marisa Laurenzi Tabasso)	
C.3.1. DEFINIZIONI	46
• Cronologia dell'uso dei leganti	46
C.3.2. MALTE A CALCE AEREA	47
• Terminologia - Produzione della calce viva - Produzione della calce spenta - Processo di presa	47
• Caratteristiche delle malte a calce e aggregato non reattivo - pozzolanico	48
C.3.3. MALTE A LEGANTE IDRAULICO	49
• Malte a calce idraulica	49
• Malte a cemento - Impiego dei leganti idraulici nel restauro	50
C.3.4. MALTE CON ARGILLA	50
C.3.5. MALTE A GESSO	50
C.3.6. CAUSE E PROCESSI DI DETERIORAMENTO	51
C.3.7. DIAGNOSI	51
C.3.8. TRATTAMENTI CONSERVATIVI DEI MATERIALI LAPIDEI ARTIFICIALI	52
<b>C.4. CALCESTRUZZO</b> (Ranieri Cigna)	
C.4.1. CALCESTRUZZO E CALCESTRUZZO ARMATO	53
• Premessa - Cemento	53
• Aggregati - Acqua - Proprietà del calcestruzzo fresco - Stagionatura - Proprietà del calcestruzzo indurito	54
C.4.2. DEGRADO DEL CALCESTRUZZO E DEL CALCESTRUZZO ARMATO	55
• Cause meccaniche - Cause fisiche - Cause strutturali - Cause chimiche	55
C.4.3. CORROSIONE DELL'ARMATURA	56
• Carbonatazione - Attacco da cloruri	57
C.4.4. METODI DIAGNOSTICI	58
• Degrado dovuto a cause fisiche - Degrado dovuto ad attacco chimico	58
• Degrado dovuto a corrosione dell'armatura	58
C.4.5. INTERVENTI CONSERVATIVI	60
• Costruzione di nuovi manufatti	60
• Ripristino	61

<b>C.5. CERAMICI</b> (Lorenzo Appolonia)	
C.5.1. MATERIALI CERAMICI	62
• Caratteristiche	62
C.5.2. TECNOLOGIA DI PRODUZIONE	62
• Processo ceramico	62
• Piastrelle	64
C.5.3. DEGRADO	65
• Cause e meccanismi di degrado - Interazione mattone-malta o cemento - Interazione con l'acqua	66
• Tipologie di degrado per mattoni e i fregi in cotto esposti all'esterno	68
• Inquinamento	68
• Tipologie di danno per mattoni all'interno	68
C.5.4. DIAGNOSTICA	69
• Normative tecniche - Diagnostica archeometrica - Diagnostica per la conservazione e il restauro - Analisi non distruttive	69
• Caratterizzazione dei materiali - Caratterizzazione della struttura interna - Contenuto di umidità	70
C.5.5. INTERVENTI CONSERVATIVI	70
• Restauro	71
• Monitoraggio e manutenzione	72
• Qualificazione del personale specializzato	73
<b>C.6. METALLI</b> (Cecilia Bartuli, Carlo Usai)	
C.6.1. CARATTERISTICHE GENERALI (Cecilia Bartuli)	74
• Metalli: microstruttura e proprietà	74
• Processi produttivi, formatura e lavorazione - Metalli e leghe in architettura	75
C.6.2. DEGRADO DEI METALLI	77
• Degrado meccanico	77
• Corrosione	78
• Aggressività degli ambienti	79
C.6.3. METODI DIAGNOSTICI	80
• Metallografia	80
• Microscopia ottica, elettronica a scansione - Spettroscopia a dispersione di energia - Fluorescenza dei raggi X, spettroscopia elettronica Auger, assorbimento atomico - Diffrazione di raggi X (XRD) - Infrarosso termico - Videomicroscopia ed endoscopia - Metodo degli ultrasuoni, delle correnti indotte - Misure elettrochimiche di velocità di corrosione: resistenza di polarizzazione - Spettroscopia di impedenza elettrochimica	81
C.6.4. ALTERAZIONI (Carlo Usai)	82
• Alterazioni dell'oro - Alterazioni di rame e bronzo - Alterazioni del ferro	82
C.6.5. ANALISI	82
• Analisi di laboratorio e criteri di pulitura	82
• Rimozione di depositi non pertinenti ai metalli	84
C.6.6. PULITURA DELLE SUPERFICI DEL METALLO	84
• Pulitura dell'oro - Pulitura di rame, bronzo, anche se dorati	84
• Pulitura del ferro	86
C.6.7. INIBITORI	86
• Inibitori di corrosione	87
• Ricomposizione di manufatti metallici in frammenti - Integrazione delle lacune	87
• Patinatura del bronzo - Protezione superficiale	88
<b>C.7. LEGNO</b> (Luca Uzielli)	
C.7.1. NOZIONI FONDAMENTALI SU NATURA E CARATTERISTICHE DEL LEGNO	89
• Natura, costituzione ed aspetto del legno	89
• Relazioni legno-acqua	95
• Caratteristiche fisico-meccaniche del "materiale legno"	100
C.7.2. LEGNAME STRUTTURALE	102
• Legno come materiale strutturale	102
• Legno e legname: difetti nel legname strutturale	103
• Classificazione del legname strutturale (strength-grading)	104
C.7.3. DEGRADAMENTO, DURABILITÀ E PROTEZIONE DEL LEGNO	108
• Fattori di degradamento del legno	108
• Durabilità del legno	110
• Protezione del legno e dei manufatti lignei dal degradamento	111
• Interventi curativi	113
C.7.4. COMPATIBILITÀ E DURABILITÀ DEGLI INTERVENTI SU MANUFATTI LIGNEI	113
• Problemi di compatibilità - Problemi di durabilità rilevati su strutture lignee "restaurate" - Considerazioni sugli interventi di consolidamento delle strutture lignee	114
<b>C.8. UMIDITÀ DI MANUFATTO</b> (Massimo Valentini)	
C.8.1. DIAGNOSTICA	116
• Cause della presenza di acqua in un manufatto	116
• Presenza di sali solubili	117
• Indagini diagnostiche - Fasi di diagnostica	118
C.8.2. INTERVENTI DI RISANAMENTO E DIFESA DELLE MURATURE DALL'UMIDITÀ	121
• Scelta della tecnica di intervento	121
• Interventi di risanamento e difesa dall'umidità del terreno - Criteri generali	122
• Interventi indiretti - diretti	123
• Interventi contro l'umidità di condensazione	129

**D.1. DISSESTI STATICI** (Giuseppe Tosti)

D.1.1	CULTURA DELLA FATISCENZA MURARIA ALLE SOGLIE DEL NUOVO MILLENNIO	2
	• <i>Obiettivi</i>	2
	• <i>Evoluzione</i>	2
D.1.2	“ORGANISMO STRUTTURALE” E “COEFFICIENTE DI SICUREZZA”	3
	• <i>Struttura come “contenitore di forze”</i>	3
	• <i>Coefficiente di sicurezza: una risorsa tanto vitale quanto vulnerabile</i>	3
	• <i>Uniforme distribuzione dei carichi nel “contenitore di forze”</i>	3
D.1.3	GENESI DEL DISSESTO E PRIMO PRINCIPIO DELLA TEORIA DELLA FATISCENZA MURARIA	5
	• <i>Genesi del dissesto: le “cause perturbatrici”</i>	5
	• <i>Primo principio della teoria della fatiscenza muraria</i>	5
	• <i>Uomo, tempo, natura: i “grandi artefici”</i>	5
D.1.4	MANIFESTAZIONE DEL DISSESTO E SECONDO PRINCIPIO DELLA TEORIA DELLA FATISCENZA MURARIA	6
	• <i>Effetti del dissesto: ovvero, le “lesioni caratteristiche”</i>	6
	• <i>Secondo principio della teoria della fatiscenza muraria: dissesto statico e lesione caratteristica</i>	6
D.1.5	DIAGNOSI DEI DISSESTI E TERZO PRINCIPIO DELLA TEORIA DELLA FATISCENZA MURARIA	7
	• <i>Terzo principio della teoria della fatiscenza muraria: percorso metodologico dalla diagnosi alla terapia</i>	7
	• <i>Metodologie e strumenti d'indagine: come procedere nella fase diagnostica</i>	7
D.1.6	STUDIO DEI DISSESTI STATICI ELEMENTARI E RELATIVE METODOLOGIE DIAGNOSTICHE	9
	• <i>Dissesti delle strutture verticali</i>	10
	• <i>Diagnosi dei dissesti statici elementari - strutture orizzontali</i>	18

**D.2. MECCANISMI DI COLLASSO** (Carlo Blasi)

D.2.1.	METODI DI VERIFICA DELLA STABILITÀ MEDIANTE L'ANALISI DEI MECCANISMI DI COLLASSO	28
	• <i>Metodi tradizionali di analisi della stabilità delle murature basati sull'individuazione empirica dei meccanismi di collasso</i>	28
	• <i>Verifica sismica mediante i meccanismi di collasso</i>	32
	• <i>Riferimenti normativi per la verifica sismica mediante i meccanismi di collasso</i>	34
	• <i>Riferimenti normativi per una analisi sismica mediante meccanismi di collasso</i>	35
	• <i>Note operative per la verifica sismica</i>	35
	• <i>Progetto e dimensionamento degli elementi di consolidamento</i>	36
D.2.2.	MECCANISMI DI COLLASSO DEL PRIMO MODO	36
D.2.3.	MECCANISMI DI COLLASSO DEL SECONDO MODO	39
	• <i>Meccanismo di collasso a taglio</i>	39
	• <i>Area di influenza di una parete alla base di un edificio</i>	39
	• <i>Area di influenza di una parete</i>	39
	• <i>Meccanismo di collasso di pareti con aperture</i>	39
D.2.4.	MECCANISMI MISTI DI RIBALTAMENTO E ROTTURA A TAGLIO	40
	• <i>Collasso di uno spigolo per l'azione spingente di travi del tetto</i>	40
	• <i>Meccanismo di collasso misto con rottura a taglio e rotazione</i>	40
D.2.5.	ESEMPIO DI MECCANISMI DI COLLASSO DI UN EDIFICIO A TIPOLOGIA SCATOLARE SEMPLICE	40
	• <i>Meccanismi del primo modo</i>	40
	• <i>Meccanismi del secondo modo</i>	41
D.2.6.	ESEMPI DI MECCANISMI DI COLLASSO SISMICO DI TIPOLOGIE PARTICOLARI	41
	• <i>Meccanismo di collasso di colonne e calcolo delle cerchiature</i>	41
	• <i>Meccanismo di collasso sismico di un colonnato</i>	41
	• <i>Meccanismo di collasso simmetrico di un arco con rotazione dei conci: dimensionamento del tirante</i>	41
	• <i>Meccanismo di collasso simmetrico di un arco con scorrimento del concio centrale: dimensionamento del tirante</i>	42
	• <i>Meccanismo di collasso antimetrico di un arco</i>	42
	• <i>Meccanismo di collasso antimetrico di un arco con tirante (rotazione dei piedritti)</i>	42
	• <i>Meccanismo di collasso simmetrico di un arco con tirante all'estradosso</i>	42
	• <i>Meccanismo di danno sismico di una volta sottile</i>	42
	• <i>Meccanismo di collasso sismico di una cupola e dimensionamento della cerchiatura</i>	43
	• <i>Meccanismi di collasso di una torre e dimensionamento dei tiranti</i>	43
D.2.7.	MECCANISMI DI COLLASSO DI HAGHIA SOPHIA	44
	• <i>Ipotesi del meccanismo di collasso che ha prodotto il primo crollo della cupola</i>	44
	• <i>Ipotesi del meccanismo di collasso che ha prodotto i crolli parziali del X e XIV secolo</i>	45
	• <i>Probabile posizione di alcune delle cerchiature poste in opera da Sinan e da Fossati</i>	46
D.2.8.	MECCANISMI DI DANNO DI SANTA MARIA DEL FIORE	46
	• <i>Meccanismo di collasso rilevato nel 1757</i>	46
	• <i>Meccanismo di collasso attuale</i>	47
	• <i>Evoluzione dell'ampiezza delle principali lesioni</i>	47

# INDICE

## INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA

E.

Paolo Rocchi

<b>E.1. PROGETTO</b>	
INTRODUZIONE	2
<b>E.1.1. PROGETTO DELLE INDAGINI PER LA DIAGNOSI E DELLE TECNICHE PER IL CONTROLLO DELL'INTERVENTO (Luigia Binda)</b>	3
• Premessa	3
• Sicurezza degli edifici	4
• Influenza dei materiali e tecniche costruttive	4
• Procedure di indagine per la diagnosi	7
• Progetto delle indagini e valutazione dei risultati della diagnosi	7
• Norme e raccomandazioni sulle tecniche di indagine distruttiva e non distruttiva	7
<b>E.2. RILIEVO</b>	
<b>E.2.1. RILIEVO STORICO-CRITICO DELLE FASI COSTRUTTIVE (Paolo Fancelli)</b>	9
• Premessa	9
• Rilievo e sue due fasi prioritarie: sul campo e restitutiva	9
• Rilievo e rilievi. Il restauro	10
• Rilievo e storia	11
• Storia e restauro	12
• Lettura storica: fonti	13
• Fonti dirette	13
• Fonti indirette	17
• Caratteri delle fonti	20
• Fasi: restituzioni	20
• Conclusioni. Fasi e progetto	21
<b>E.2.2. METODOLOGIE DI RILIEVO (Ermanno Polla)</b>	22
• Rilievo architettonico	22
• Rilevamento urbano	26
<b>E.2.3. CONOSCENZA DELL'OPERA DA RILEVARE, SCELTA DEI METODI DI RILIEVO (Alessandro Sartor)</b>	26
• Tecniche di rilevamento tradizionale	26
• Tecniche di rilevamento strumentale	29
<b>E.2.4. TEORIA DELLA RAPPRESENTAZIONE - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL RILIEVO</b>	30
• Rappresentazione con tecniche tradizionali	30
• Rappresentazione con strumenti informatici	34
<b>E.2.5. OTTICA DELL'OCCHIO UMANO</b>	34
• Visione umana	34
• Visione binoculare	34
<b>E.2.6. APPARECCHI ED IMMAGINI FOTOGRAFICHE</b>	35
• Formazione di immagini fotografiche	35
• Immagini digitali dirette e derivate	39
<b>E.2.7. FONDAMENTI GEOMETRICI DEL RILIEVO DA PIÙ DI UNA IMMAGINE</b>	40
• Fondamenti teorici del rilievo da più di una immagine	40
• Stereoscopia artificiale: principi, verifiche e utilizzazioni	42
<b>E.2.8. RILIEVI DI ELEMENTI ARCHITETTONICI CON PIÙ IMMAGINI FOTOGRAFICHE</b>	44
• Tecnica fotografica di presa	44
• Progetto di ripresa: teoria e pratica	45
<b>E.2.9. RESTITUZIONE DA IMMAGINI FOTOGRAFICHE PLURIME CON SISTEMI ANALITICI</b>	46
• Principi di funzionamento del restitutore analitico	46
• Restituzione su monitor grafico	47
<b>E.2.10. RESTITUZIONE DA IMMAGINI FOTOGRAFICHE PLURIME CON SISTEMI DIGITALI</b>	49
• Principi di funzionamento del restitutore digitale	49
<b>E.3. INDAGINI PROVE E CONTROLLI (Paolo Rocchi, Massimiliano Muscio, Alessandro Zaretti)</b>	
<b>E.3.1. INDAGINI SUI TERRENI</b>	51
• Prelevamento di campioni	51
• Stratigrafie	51
• Prove di laboratorio su campioni estratti	52
• Indagini piezometriche	55
• Prove penetrometriche	55
• Prove dilatometriche	56
• Prove scissometriche	57
• Prove di permeabilità	57
<b>E.3.2. INDAGINI SULLE STRUTTURE IN FONDAZIONE</b>	57
• Saggi e scavi di approccio diretti	57
<b>E.3.3. INDAGINI SULLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE</b>	58
• Indagini di laboratorio su campioni estratti	58
• Prove sclerometriche	58
• Prove pacometriche	58
• Indagini endoscopiche	59
• Prove di carico con martinetti piatti	59
• Prove soniche ed ultrasoniche	60
• Indagini termografiche	61
• Controlli di orizzontalità	61
• Prove dinamiche	61
• Prove di iniettabilità	62
<b>E.3.4. INDAGINI SULLE STRUTTURE DI ORIZZONTAMENTO</b>	62
• Prove di carico su volte e solai	62
<b>E.3.5. INDAGINI SU TIRANTI METALLICI</b>	63
• Verifica tensionamento catene	63
<b>E.3.6. CONTROLLI PERIODICI</b>	63
• Misure deformometriche	63
• Monitoraggio strutturale	63
<b>E.3.7. CALCOLI E VERIFICHE</b>	64
• Analisi tradizionali	64
• Modelli matematici	65

# INDICE

F.

## NORMATIVE E PROCEDURE

Enrico Milone

• Introduzione a tutta la sezione (Enrico Milone) . . . . .	2	• Affidamento di incarichi tra 40.000 euro e il controvalore in euro di 200.000 DSP . . . . .	19
<b>F.1. DISCIPLINA DEL RESTAURO (Maria Giulia Picchione)</b>		• Affidamento di incarichi superiori al controvalore in euro di 200.000 DSP . . . . .	20
F.1.1. INTERVENTI SUL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE NELLA NORMATIVA URBANISTICA . . . . .	2	• Esclusioni negli affidamenti degli incarichi . . . . .	20
• Definizione degli interventi . . . . .	2	• Incentivi per i progettisti interni . . . . .	20
• Disciplina urbanistico-edilizia degli interventi . . . . .	2	• Assicurazione del progettista libero professionista e dipendente . . . . .	20
F.1.2. INTERVENTI SUL PATRIMONIO EDILIZIO DI INTERESSE STORICO-ARTISTICO - NORMATIVA DI TUTELA . . . . .	3	• Schema di convenzione per incarico professionale di progettazione e direzione di lavori pubblici . . . . .	20
• Definizione di restauro nel D.Lgs. N. 490 del 1999 . . . . .	3	• Schema di convenzione per incarico professionale di collaudo di opere pubbliche . . . . .	22
• Regime giuridico degli interventi . . . . .	3	<b>F.5. PROGRAMMAZIONE E REALIZZAZIONE DEI LAVORI PUBBLICI (Enrico Milone)</b>	
• Procedure urbanistiche semplificate per gli immobili tutelati . . . . .	3	F.5.1. PROCEDURE DELLA PROGRAMMAZIONE . . . . .	22
F.1.3. INTERVENTI SU IMMOBILI RICADENTI IN AMBITI ASSOGGETTATI A TUTELA AMBIENTALE-PAESAGGISTICA . . . . .	4	• Programma triennale e piano annuale . . . . .	22
• Regime giuridico degli interventi su immobili sottoposti a vincolo paesaggistico-ambientale . . . . .	4	• Responsabile del procedimento . . . . .	23
F.1.4. DEFINIZIONE DI RESTAURO NELLA NORMATIVA SUI LAVORI PUBBLICI . . . . .	4	• Approvazione dei progetti, conferenza di servizi e verifica di qualità degli elaborati . . . . .	23
<b>F.2. LEGITTIMAZIONE DEGLI INTERVENTI</b>		F.5.2. SISTEMI DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI PUBBLICI . . . . .	24
F.2.1. IMMOBILI NON SOTTOPOSTI A VINCOLO (Michele Volpe) . . . . .	5	• Tipologie contrattuali . . . . .	24
• Autorizzazione edilizia . . . . .	5	• Procedure di scelta del contraente . . . . .	24
• Denuncia di inizio attività - D.I.A. . . . .	5	<b>F.6. DIREZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI (Enrico Milone)</b>	
• Concessione edilizia . . . . .	6	F.6.1. DIREZIONE DEI LAVORI . . . . .	25
F.2.2. IMMOBILI SOTTOPOSTI A VINCOLO STORICO - ARTISTICO (M.G.P.) . . . . .	8	• Direzione dei lavori nel privato e nel pubblico . . . . .	25
• Presentazione del progetto . . . . .	8	• Requisiti soggettivi del direttore dei lavori . . . . .	26
• Approvazione del progetto . . . . .	8	• Compiti . . . . .	26
• Autorizzazione ai fini di tutela e normativa urbanistica: le innovazioni del D.Lgs. n. 490 del 1999 . . . . .	8	• Responsabilità professionali . . . . .	26
• Procedure semplificate per gli interventi di restauro . . . . .	9	• Ufficio direzione lavori . . . . .	27
• Lavori provvisori urgenti . . . . .	9	• Coordinatore della sicurezza per l'esecuzione dei lavori . . . . .	27
• Sospensione dei lavori . . . . .	9	• Direttore di cantiere . . . . .	27
• Intervento di restauro coattivo . . . . .	9	• Direttore tecnico dell'impresa . . . . .	27
• Sostegno finanziario dello Stato per gli interventi di restauro . . . . .	9	• Verifiche che precedono l'inizio dei lavori . . . . .	27
• Lavori effettuati su beni dello Stato dati in uso ad altre Amministrazioni . . . . .	9	• Sicurezza nel cantiere nei lavori pubblici e privati . . . . .	28
F.2.3. IMMOBILI SOTTOPOSTI A VINCOLO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE (M.G.P.) . . . . .	10	• Principali norme sulla direzione dei lavori . . . . .	28
• Autorizzazione del progetto . . . . .	10	F.6.2. PROCEDURA DI ESECUZIONE DEI LAVORI . . . . .	29
• Richiesta di autorizzazione alla Regione . . . . .	10	• Ordine di servizio . . . . .	29
• Richiesta di autorizzazione al Ministero (in via surrogatoria) . . . . .	11	• Consegna dei lavori . . . . .	29
• Interventi non soggetti ad autorizzazione . . . . .	11	• Sospensione e ripresa dei lavori . . . . .	29
• Inibizione o sospensione dei lavori . . . . .	11	• Variazioni al progetto . . . . .	29
• Opere da eseguirsi da parte di amministrazioni statali . . . . .	11	• Nuovi prezzi . . . . .	30
• Sanzioni penali e amministrative . . . . .	11	• Contestazioni tra stazione appaltante e appaltatore - riserve . . . . .	30
<b>F.3. V.I.A. E CONFERENZA DEI SERVIZI</b>		• Danni . . . . .	30
F.3.1. INTERVENTI ASSOGGETTATI A PROCEDURE DI V.I.A. (M.V.) . . . . .	12	• Appalto integrato . . . . .	30
• Adempimenti . . . . .	12	• Subappalto . . . . .	30
• Principali riferimenti normativi . . . . .	12	F.6.3. CONTABILITÀ DEI LAVORI . . . . .	30
• Scheda riassuntiva sulla Procedura di V.I.A. a livello nazionale . . . . .	12	• Documenti amministrativi e contabili . . . . .	30
F.3.2. PROCEDURA DI V.I.A. PER GLI INTERVENTI RIGUARDANTI IMMOBILI SOTTOPOSTI A VINCOLO STORICO-ARTISTICO (M.G.P.) . . . . .	13	• Giornale dei lavori . . . . .	30
F.3.3. CONFERENZA DEI SERVIZI (M.V.) . . . . .	13	• Libretti di misura dei lavori e delle provviste . . . . .	31
F.3.4. CONFERENZA DEI SERVIZI PER LE OPERE PUBBLICHE CHE INCIDONO SUI BENI SOTTOPOSTI A VINCOLO STORICO-ARTISTICO (M.G.P.) . . . . .	14	• Lavori a corpo . . . . .	31
<b>F.4. PROGETTAZIONE-INCARICHI (Enrico Milone)</b>		• Lavori e somministrazioni su fatture . . . . .	31
F.4.1. CONTENUTI DEI PROGETTI . . . . .	15	• Note settimanali delle amministrazioni . . . . .	31
• Progetti di lavori privati . . . . .	15	• Registro di contabilità . . . . .	31
• Progetti di lavori su beni pubblici non tutelati . . . . .	15	• Sommario del registro di contabilità . . . . .	31
• Progetti di lavori su beni pubblici tutelati . . . . .	15	• Stato di avanzamento dei lavori . . . . .	31
F.4.2. INCARICHI PROFESSIONALI . . . . .	16	• Certificato di pagamento . . . . .	31
• Competenza professionale nel restauro . . . . .	16	• Certificato di ultimazione dei lavori . . . . .	32
• Incarico professionale di restauro . . . . .	16	• Conto finale e relativa relazione . . . . .	32
• Carattere dell'incarico professionale . . . . .	16	• Contabilità dei lavori in economia . . . . .	32
• Committenza privata . . . . .	16	• Avviso ai creditori . . . . .	32
• Committenza pubblica . . . . .	17	F.6.4. COLLAUDO E OPERAZIONI FINALI . . . . .	32
• Recesso dall'incarico . . . . .	17	• Collaudo dei lavori . . . . .	32
• Diritto e rinuncia al compenso . . . . .	17	• Collaudo in corso d'opera . . . . .	32
• Compenso subordinato al finanziamento . . . . .	17	• Certificato di regolare esecuzione . . . . .	33
• Clausole vessatorie per il cliente . . . . .	17	• Procedura . . . . .	33
• Incarico collegiale o in gruppo . . . . .	17	• Nomina del collaudatore . . . . .	34
• Correttezza nella concorrenza . . . . .	18	• Compenso . . . . .	34
• Lettera di incarico professionale di progettazione e direzione lavori per committente privato . . . . .	18	• Collaudo statico . . . . .	34
F.4.3. PROCEDURE DI AFFIDAMENTO DI INCARICHI PUBBLICI . . . . .	19	• Riserve - accordo bonario - arbitrato . . . . .	34
• Concorsi di Idee e concorsi di progettazione . . . . .	19	• Iscrizione al catasto e abitabilità . . . . .	34
• Affidamento di incarichi di importo inferiore a 40.000 euro . . . . .	19	<b>F.7. STATO DI ATTUAZIONE DELLA LEGGE 109/1994</b>	
		N.B. Nel CD-Rom è contenuto, oltre il testo completo di questa sezione - capitolato speciale tipo per lavori di restauro - circolari emanate dal Ministero per i Beni e le attività culturali dal 1975 al 2000/2002	

INDICE

**PROGETTO E DIREZIONE LAVORI**  
*Roberto Gabetti, Mauro Civita*

**G.**

<b>G.1</b>	<b>REDAZIONE DEL PROGETTO DI RESTAURO</b>	<b>2</b>
G.1.1.	DEFINIZIONI E LIMITI DELL'INCARICO	2
	• <i> Oggetto del restauro e sua ubicazione</i>	2
	• <i> Interlocutori del progetto</i>	2
	• <i> Ricerca delle attitudini funzionali</i>	2
	• <i> Risorse economiche e fonti di finanziamento</i>	4
	• <i> Titolo di proprietà</i>	4
	• <i> Vincoli legislativi</i>	4
	• <i> Eventuali disposizioni testamentarie</i>	4
G.1.2.	RILIEVI	4
	• <i> Sussidio dei mezzi informatici</i>	6
G.1.3.	INDAGINI PRELIMINARI SUI MATERIALI E SULLE STRUTTURE	6
G.1.4.	NORMATIVA PER IL PROGETTO	7
G.1.5.	ELABORATI DI PROGETTO	7
	• <i> Progetto preliminare</i>	12
	• <i> Progetto definitivo</i>	13
	• <i> Progetto esecutivo</i>	17
<b>G.2.</b>	<b>ESERCIZIO CANTIERE DI RESTAURO</b>	
G.2.1.	PREMESSA	19
G.2.2.	DISCIPLINA DEL CANTIERE	21
	• <i> Procedura e scelta del contraente</i>	22
	• <i> Figure del cantiere</i>	22
	• <i> Comunicazione della stipulazione del contratto</i>	22
	• <i> Deposito del progetto in cantiere</i>	22
	• <i> Verbale di consegna dei lavori</i>	22
	• <i> Verbale di sospensione dei lavori</i>	22
	• <i> Verbale di ripresa</i>	22
	• <i> Ordini di servizio</i>	22
G.2.3.	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	23
	• <i> Delimitazione del cantiere</i>	23
	• <i> Opere provvisorie</i>	23
	• <i> Anditi</i>	23
	• <i> Puntellamenti</i>	23
	• <i> Sbatacchiature</i>	23
	• <i> Monitoraggio</i>	24
	• <i> Rinvenimenti</i>	24
	• <i> Materiali di spoglio e erratici</i>	24

<b>H.1. PROGETTO DI CONSERVAZIONE</b> (Marco Dezzi Bardeschi)	
• <i>Prologo: conservazione contro il cosiddetto "restauro"</i> . . . . .	2
H.1.1. CONOSCENZA DEL MANUFATTO . . . . .	6
• <i>Fabbrica come archivio: stratificazioni</i> . . . . .	6
• <i>Segni e sovrascritture</i> . . . . .	9
• <i>Rilievo per la conservazione</i> . . . . .	10
• <i>Tecniche d'analisi non distruttive</i> . . . . .	20
• <i>Tecniche d'analisi parzialmente distruttive</i> . . . . .	23
• <i>Dalla catalogazione alla carta del rischio</i> . . . . .	24
H.1.2. CURA DEL COSTRUITO . . . . .	30
• <i>Cura mancata del costruito</i> . . . . .	30
• <i>Permanenza dei segni e delle sue stratificazioni</i> . . . . .	33
• <i>Progetto di conservazione</i> . . . . .	35
• <i>Manutenzione (mancata)</i> . . . . .	41
• <i>Dalla manutenzione alla conservazione programmata</i> . . . . .	42
H.1.3. CONSERVAZIONE E PROGETTO DEL NUOVO . . . . .	44
• <i>Dalla lacuna al progetto del nuovo</i> . . . . .	44
• <i>Progetto del nuovo</i> . . . . .	46
• <i>Sviluppo sostenibile</i> . . . . .	52
H.1.4. CONSERVAZIONE DEI SITI ARCHEOLOGICI . . . . .	56
• <i>Perdita (volontaria) di stratificazioni storiche</i> . . . . .	56
• <i>Anastilosi e de-restauro a Roma</i> . . . . .	57
• <i>Intervento senza cura: ricostruzione</i> . . . . .	58
• <i>Progetto di conservazione: analisi storica e rilievo</i> . . . . .	59
• <i>Cura attraverso le coperture</i> . . . . .	61
• <i>Cura attraverso il riuso</i> . . . . .	62
• <i>Parchi archeologo-museali</i> . . . . .	62
H.1.5. CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO INDUSTRIALE E DEL MODERNO . . . . .	64
• <i>Patrimonio industriale: necessità del rilievo</i> . . . . .	64
• <i>Patrimonio industriale: abbandono e riuso - aree dismesse</i> . . . . .	66
• <i>Patrimonio industriale: abbandono e riuso: manufatti</i> . . . . .	68
• <i>Moderno dimenticato</i> . . . . .	68
• <i>Differente degrado dei materiali speciali</i> . . . . .	70
• <i>Intervento: modifiche d'uso</i> . . . . .	71
• <i>Intervento: conservazione</i> . . . . .	72
H.1.6. NUOVI AMBITI: CONSERVAZIONE DEI GIARDINI STORICI . . . . .	74
• <i>Stratificazioni: rilievo</i> . . . . .	74
• <i>Conservazione dei manufatti da giardino</i> . . . . .	77
• <i>Progetto del nuovo</i> . . . . .	78
• <i>Conservazione degli elementi del paesaggio</i> . . . . .	80
• <i>Manutenzione</i> . . . . .	84
<b>H.2. RAGIONI DEL RESTAURO DI RIPRISTINO</b> (Paolo Marconi)	
H.2.1. PSICOLOGIA DEL RIPRISTINO DEGLI EDIFICI DANNEGGIATI O DISTRUTTI . . . . .	88
• <i>Breve cenno ai monumenti ripristinati nell'ottocento</i> . . . . .	88
• <i>Ripristino dei monumenti distrutti nella seconda Guerra mondiale</i> . . . . .	89
• <i>Ricostruzione dei monumenti distrutti dagli attentati terroristici</i> . . . . .	89
• <i>Ricostruzione dei monumenti distrutti dai terremoti o dagli incendi</i> . . . . .	90
• <i>Ricostruzioni di alcuni monumenti "di culto" degradati o distrutti, o di classi di monumenti prima ignorati</i> . . . . .	90
• <i>Motivi politici delle ricostruzioni</i> . . . . .	92
• <i>Difetti dei ripristini agli occhi del pubblico</i> . . . . .	94
• <i>Problema dell'utilizzazione dell'opera di architettura</i> . . . . .	94
• <i>Restauro delle opere edilizie: complessivo o di dettaglio?</i> . . . . .	95
• <i>Restauro di una sola parte di un'opera edilizia</i> . . . . .	95
• <i>Restauro complessivo delle opere edilizie</i> . . . . .	96
• <i>Cos'è dunque il ripristino di un'architettura?</i> . . . . .	97
• <i>Restauro di ripristino, parziale o totale, di un edificio vivente: opzione necessaria</i> . . . . .	98
• <i>Didattica del restauro architettonico di ripristino</i> . . . . .	98
H.2.2. MODALITÀ DEL RESTAURO DI RIPRISTINO . . . . .	99
• <i>Come nasce la committenza del restauro di ripristino</i> . . . . .	99
• <i>Studi di fattibilità</i> . . . . .	100
• <i>Rilievo architettonico e critico</i> . . . . .	100
• <i>Cantiere preventivo di analisi, di monitoraggi, di interventi di salvaguardia, di rilievi autoptici</i> . . . . .	101
• <i>Caso di studio: progetto di intervento urgente di salvaguardia per il palazzo Riccio di San Gioacchino a Trapani</i> . . . . .	101
• <i>Altro caso di studio: progetto per il Palazzo di Piazza Lovatelli in Roma</i> . . . . .	104
• <i>Altro caso di studio: Palazzo Buonaccorsi a Macerata</i> . . . . .	106
• <i>Altro caso di studio: Fontana Maggiore di Perugia</i> . . . . .	110
<b>H.3. PROGETTO DI RESTAURO CRITICO</b> (Andrea Bruno)	
H.3.1. CASI LIMITE . . . . .	115
• <i>Afghanistan - Il minareto di Jam</i> . . . . .	117
• <i>Incendio de La Fenice</i> . . . . .	121
• <i>Incendio della Cappella della S. Sindone</i> . . . . .	122
H.3.2. PROGETTARE IL COSTRUITO . . . . .	125
• <i>Torino - ex Istituto di riposo per la vecchiaia (sec. XIX) - sede istituzioni universitarie</i> . . . . .	125
H.3.3. PROGETTO COME DISVELAMENTO . . . . .	129
• <i>Cittadella di Corte: già Caserma della legione straniera, ora Nuovo Museo della Corsica</i> . . . . .	129
H.3.4. ADDIZIONI COMPATIBILI . . . . .	132
• <i>Castello di Lichtenberg - Alsazia</i> . . . . .	132
H.3.5. PERMANENZA MONUMENTALE E MUTAMENTO DI FUNZIONI . . . . .	135
• <i>Castello di Rivoli - residenza sabauda - Museo di arte contemporanea - corpo juvariano</i> . . . . .	135
• <i>Castello di Rivoli - residenza sabauda - Museo di arte contemporanea - Manica Lunga</i> . . . . .	138
• <i>Torino, Palazzo Carignano: da Parlamento Subalpino a Museo del Risorgimento</i> . . . . .	140
H.3.6. ARCHEOLOGIE URBANE . . . . .	144
• <i>Complesso monumentale del Circo Romano di Tarragona: la porta del tempo</i> . . . . .	144
• <i>Nîmes, Fort Vauban. archeologia militare: nuova sede universitaria</i> . . . . .	147
H.3.7. ARCHEOLOGIA E MEMORIA . . . . .	149
• <i>Cipro - Museo Archeologico di Maa</i> . . . . .	149
<b>H.4. PROGETTO DI RIUSO</b> (Massimo Carmassi)	
H.4.1. METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DEL RIUSO . . . . .	151
• <i>Conoscenza e conservazione</i> . . . . .	151
• <i>Progetto di trasformazione - Nuove funzioni e nuova strategia distributiva</i> . . . . .	151
• <i>Opere di mediazione tra parti originali autentiche e nuovi inserimenti</i> . . . . .	151
• <i>Impianti</i> . . . . .	151
H.4.2. SCOPERTURE E RESTAURO DELLE DECORAZIONI . . . . .	152
• <i>Esempio 1</i> . . . . .	152
• <i>Esempio 2</i> . . . . .	153
• <i>Esempio 3</i> . . . . .	154
• <i>Esempio 4</i> . . . . .	156
• <i>Esempio 5</i> . . . . .	159
• <i>Esempio 6</i> . . . . .	162
H.4.3. RECUPERO E RESTAURO DELLE DECORAZIONI - METODOLOGIE CORRENTI . . . . .	167
H.4.4. SAGGI STRUTTURALI - ESEMPI NEGATIVI . . . . .	169
H.4.5. RIPRISTINO . . . . .	169
• <i>Esempio 1</i> . . . . .	169
• <i>Esempio 2</i> . . . . .	170
• <i>Esempio 3</i> . . . . .	170
• <i>Esempio 4 - Porte a scomparsa</i> . . . . .	171
• <i>Esempio 5 - Infissi</i> . . . . .	171
H.4.6. ARCHEOLOGIA . . . . .	172
• <i>Esempio 1</i> . . . . .	172
• <i>Esempio 2</i> . . . . .	175
• <i>Esempio 3</i> . . . . .	177
• <i>Esempio 4</i> . . . . .	177
H.4.7. NUOVA STRATEGIA DISTRIBUTIVA . . . . .	178
• <i>Tipologie elementari</i> . . . . .	178
• <i>Esempio 1</i> . . . . .	180
• <i>Esempio 2</i> . . . . .	182
• <i>Esempio 3</i> . . . . .	184
• <i>Esempio 4</i> . . . . .	187
• <i>Esempio 5</i> . . . . .	188
• <i>Esempio 6</i> . . . . .	190
• <i>Esempio 7</i> . . . . .	191
• <i>Esempio 8</i> . . . . .	193
• <i>Esempio 9</i> . . . . .	199
H.4.8. ESEMPI CONTEMPORANEI ALTERNATIVI . . . . .	200
• <i>Esempio 1</i> . . . . .	200
• <i>Esempio 2</i> . . . . .	201
• <i>Dettagli costruttivi e abitudini correnti</i> . . . . .	202
H.4.9. PAVIMENTI E IMPIANTI . . . . .	204
• <i>Pavimentazione in marmo e impianti</i> . . . . .	204
• <i>Pavimentazione in cotto e impianti</i> . . . . .	205
• <i>Pavimentazione alla veneziana</i> . . . . .	206
• <i>Impianti - esempi</i> . . . . .	207
H.4.10. IMPIANTI - ABITUDINI CORRENTI . . . . .	209
• <i>Impianti - esempi negativi</i> . . . . .	209

Marcello D'Anselmo, Giorgio Croci, Carlo Blasi,  
Leopoldo D'Inzeo, Paolo Oliaro, Mario Bonomo

**I.1. MANUTENZIONE (Marcello D'Anselmo)**

• Introduzione	2
<b>I.1.1. MURATURA IN ELEVAZIONE</b>	4
• Muratura in pietra facciavista: arenaria	4
• Muratura in pietra con paramento: arenaria	5
• Muratura in pietra facciavista: arenaria grigia	6
• Muratura in pietra facciavista: pietra calcarea	7
• Muratura in laterizio	8
• Muratura in pietra con paramento	9
• Muratura mista in pietra e laterizio	10
• Muratura in pietra facciavista: tufo	11
• Muratura mista in laterizio e ciottoli	12
• Muratura in pietra e terra cruda con paramento	13
• Pilastro in pietra facciavista: calcarenite	14
• Pilastro in pietra facciavista: arenaria giallo-grigia	15
• Colonna in pietra facciavista: travertino	16
• Colonna in pietra facciavista: arenaria grigia	17
• Colonna in pietra con paramento: pietra calcarea	17
• Colonna in laterizio facciavista	18
<b>I.1.2. ORIZZONTAMENTI – SOLAI</b>	19
• Solai - Solai rustico di travicelloni	19
<b>I.1.3. ORIZZONTAMENTI – VOLTE</b>	20
• Volte in pietra facciavista - Volta in pietra con paramento	20
• Volte in laterizio con paramento	21
<b>I.1.4. ARCHITRAVI</b>	22
• Architrave in arenaria-pietra facciavista	22
• Architrave in pietra con paramento	22
• Architrave in laterizio con paramento	23
<b>I.1.5. ARCHI</b>	24
• Arco pietra facciavista: calcarenite - Arco in laterizio-muratura in arenaria	24
• Arco in laterizio facciavista	25
<b>I.1.6. SCALE</b>	26
• Esempi di scale in legno	26
<b>I.1.7. PORTALI</b>	27
• Portale in pietra: arenaria giallo grigia - Portale in pietra calcarea	27
• Portale in pietra arenaria	28
• Portali in pietra calcarea e muratura mista di pietra e laterizio	29
<b>I.1.8. CORNICIONI</b>	30
• Esempi di cornicioni in pietra e laterizio - Esempi di cornicioni in laterizio con e senza paramento - Esempi di cornicioni in legno	30
<b>I.1.9. COPERTURE</b>	31
• Coperture a tetto in legno	31
<b>I.1.10. FINITURE</b>	32
• Opere da fabbro	32
• Opere da falegname	34
<b>I.1.11. PAVIMENTAZIONI INTERNE</b>	38
• Pavimentazioni	38
<b>I.2. CRITERI GENERALI DI INTERVENTO (Giorgio Croci)</b>	
<b>I.2.1. AZIONI AGENTI SULLE COSTRUZIONI</b>	40
<b>I.2.2. COSTRUZIONI SOLLECITATE DA FORZE STATICHE</b>	40
<b>I.2.3. COSTRUZIONI SOGGETTE A CEDIMENTI DEL SUOLO</b>	40
• Interventi atti a modificare il comportamento del suolo	42
• Interventi per modificare la distribuzione delle pressioni sotto le fondazioni	42
• Interventi per modificare il comportamento d'insieme della costruzione	43
<b>I.2.4. COSTRUZIONI SOGGETTE AL SISMA</b>	44
• Miglioramento del comportamento strutturale	44
• Riduzione degli effetti sismici	45
<b>I.3. EDILIZIA STORICA (Giorgio Croci)</b>	
<b>I.3.1. COSTRUZIONI STORICHE</b>	46
• Progetto di consolidamento e restauro	46
<b>I.3.2. ANALISI STRUTTURALE</b>	47
<b>I.3.3. COSTRUZIONI IN MURATURA SOTTOPOSTE A FORZE STATICHE</b>	49
• Dissesti	49
• Interventi	50
<b>I.3.4. COSTRUZIONI IN MURATURA SOGGETTE A CEDIMENTI DEL SUOLO</b>	56
• Dissesti prodotti dai cedimenti del suolo	56
• Interventi	57
<b>I.3.5. COSTRUZIONI IN MURATURA SOGGETTE AL SISMA</b>	59
• Dissesti prodotti dal sisma	59
• Interventi	60
<b>I.3.6. COSTRUZIONI IN LEGNO (Ario Ceccotti)</b>	63
• Interventi a correre sugli elementi strutturali	63
• Interventi localizzati	65
• Interventi sulle unioni	66
• Interventi globali sulla struttura	67

**I.4. CONSOLIDAMENTO: EDILIZIA MODERNA (Carlo Blasi)**

<b>I.4.1. STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO (Carlo Blasi, Giuseppe Carlo Marano, Tommaso Maria Massarelli)</b>	68
• Fenomeni di degrado e di dissesto: indagini conoscitive	68
• Fenomeni di degrado	68
• Principali fenomeni di dissesto	69
• Valutazione di possibili quadri fessurativi ed individuazione dei meccanismi in atto	70
• Tecniche e materiali per gli interventi di recupero strutturale	70
• Tecniche di miglioramento ed adeguamento strutturale	71
• Calcolo del consolidamento strutturale	77
<b>I.4.2. STRUTTURE IN FERRO E GHISA (Carlo Blasi, Giuseppe Berardi)</b>	83
• Indagini preliminari e diagnostica per strutture in ferro e ghisa	83
• Fenomeni di degrado e interventi di protezione	84
• Carenze strutturali	84
• Interventi di consolidamento	85
• Esempio: il mercato di Sant' Ambrogio a Firenze	87

**I.5. ADEGUAMENTO TECNOLOGICO E IMPIANTISTICA (Leopoldo D'Inzeo, Paolo Oliaro, Mario Bonomo)**

<b>I.5.1. DIAGNOSI ED APPROCCIO PROGETTUALE (Leopoldo D'Inzeo)</b>	88
• Metodologie e strumenti di valutazione del "sistema impianti"	88
<b>I.5.2. PROGETTAZIONE DELL'INTERVENTO</b>	88
• Linee guida	88
• Metodologie dell'intervento e compatibilità	89
• Valutazione economica dell'intervento	89
<b>I.5.3. PRINCIPALI RIFERIMENTI DI LEGGE</b>	91
<b>I.5.4. TIPOLOGIE DI IMPIANTI E PRINCIPALI COMPONENTI</b>	91
• Impianti termici e di climatizzazione	92
• Impianti idrico - sanitari	93
• Impianti di sollevamento	93
• Impianti elettrici	94
• Sistemi di illuminazione	94
• Impianti di comunicazione	94
• Impianti di sicurezza	95
• Sistemi di prevenzione dagli incendi	95
<b>I.5.5. IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE (Paolo Oliaro)</b>	95
• Restauro, integrazione ed inserimento di nuovi impianti di climatizzazione in fabbricati esistenti	95
• Classificazione degli impianti di climatizzazione e loro caratteristiche generali	97
• Impianti di riscaldamento	98
• Impianti di climatizzazione	103
• Legislazione e normativa tecnica specifica per gli impianti di riscaldamento e di climatizzazione	104
• Impostazione innovativa degli interventi basati su un approccio bioecologico	106
• Interventi su impianti esistenti ed inserimento di nuovi impianti: problematiche specifiche e soluzioni	109
<b>I.5.6. IMPIANTI IDRICO-SANITARI (Paolo Oliaro)</b>	111
• Alimentazione e distribuzione di acqua fredda e calda	112
• Scarico delle acque usate	114
• Raccolta e smaltimento delle acque meteoriche	116
• Un approccio bioecologico: risparmio idrico, riciclo delle acque meteoriche e di quelle usate	116
• Normativa di riferimento	117
<b>I.5.7. IMPIANTI ELETTRICI (Leopoldo D'Inzeo)</b>	117
• Configurazione generale dell'impianto	117
<b>I.5.8. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE (Mario Bonomo)</b>	121
• Requisiti di un impianto per l'illuminazione di un ambiente da restaurare	121
• Scelta delle sorgenti luminose	122
• Schemi d'impianto e prestazioni degli apparecchi illuminanti	123
• Componenti elettrici	129
• Normativa	130
• Appendice 1 - Aree urbane con traffico esclusivamente o prevalentemente pedonale	130
• Appendice 2 - Criteri di limitazione dell'abbagliamento nell'illuminazione di piazze e monumenti	131
• Appendice 3 - Resa dei colori delle sorgenti luminose	132
• Appendice 4 - Temperatura correlata di colore e tonalità delle sorgenti luminose	132
• Appendice 5 - Principi di funzionamento delle sorgenti luminose per centri storici	132
<b>I.5.9. IMPIANTI DI SICUREZZA (Leopoldo D'Inzeo)</b>	133
<b>I.5.10. IMPIANTI DI COMUNICAZIONE (Leopoldo D'Inzeo)</b>	133
<b>I.5.11. IMPIANTI ANTINCENDIO (Paolo Oliaro, Emanuela Capra)</b>	134
• Incendi	135
• Sostanze estinguenti	136
• Sistemi di protezione attiva antincendio	140
• Normativa di riferimento	147

Ω.1.	<b>CONSIDERAZIONI GENERALI</b> ( <i>Fabrizio Esposito</i> ) . . . . .	2	Ω.4.3	ALGORITMO DI PROGETTO DEL PANTHEON . . . . .	62
Ω.2.	<b>POSSIBILI STRUMENTI TEORICI</b> ( <i>Antonio Maria Michetti</i> )		Ω.4.4.	ARCHITETTURE DIOFANTINE . . . . .	64
Ω.2.1.	ALCUNI PROTAGONISTI DELLA GRANDE RIVOLUZIONE SCIENTIFICA DELL'ANTICHITÀ . . . . .	4	Ω.4.5.	PITAGORISMO E ARCHITETTURA . . . . .	67
	• <i>Euclide</i> . . . . .	4		• <i>Considerazioni preliminari</i> . . . . .	67
	• <i>Archimede di Siracusa</i> . . . . .	4		• <i>Numero e pensiero pitagorico</i> . . . . .	67
	• <i>Apollonio da Perga</i> . . . . .	5		• <i>Numeri figurati e processi gnomonici</i> . . . . .	67
	• <i>Erone</i> . . . . .	6		• <i>Rapporto, proporzione, armonia, simmetria: teoria e tecnica della commodulatio</i> . . . . .	70
Ω.2.2.	STRUMENTI TEORICI DI CALCOLO DELL'ANTICHITÀ . . . . .	6		• <i>Le geometrie della vita: simmetria pentagonale e spirale logaritmica</i> . . . . .	71
	• <i>Principi dell'algebra geometrica</i> . . . . .	6		• <i>La "spira mirabilis" di Bernouilli</i> . . . . .	73
	• <i>Applicazione di aree – Equazioni di primo e secondo grado</i> . . . . .	8	Ω.5.	<b>SISTEMI METRICI PREUNITARI</b> ( <i>Ignazio Carabellese</i> ) . . . . .	74
	• <i>Equazioni di secondo grado</i> . . . . .	8			
	• <i>Possibilità di utilizzazione dell'algebra geometrica</i> . . . . .	10			
	• <i>Curve definite come luogo dei punti soddisfacenti ad applicazioni geometriche definite</i> . . . . .	10			
	• <i>Somma della progressione geometrica infinita</i> . . . . .	11			
	• <i>Geometria del movimento</i> . . . . .	12			
	• <i>Conoscenze di trigonometria, Erone, la galleria del Fucino e il tracciamento del Colosseo</i> . . . . .	12			
Ω.2.3.	SISTEMI RIGIDI SEMPLICI . . . . .	14			
	• <i>Statica dei sistemi rigidi semplici</i> . . . . .	14			
	• <i>Stadera</i> . . . . .	14			
	• <i>Vari tipi di leva</i> . . . . .	15			
	• <i>Inversione della leva di primo genere</i> . . . . .	15			
	• <i>Equilibrio di una trave soggetta a un carico concentrato</i> . . . . .	15			
	• <i>Equilibrio di una trave appoggiata soggetta a un carico concentrato esterno al segmento che unisce i due appoggi</i> . . . . .	15			
	• <i>Trave qualsiasi soggetta a più carichi</i> . . . . .	15			
	• <i>Carrucole</i> . . . . .	16			
	• <i>Palanchino</i> . . . . .	16			
Ω.2.4.	TEORIA DELLE STRUTTURE PIANE . . . . .	17			
	• <i>Nozioni fondamentali</i> . . . . .	17			
	• <i>Trave appoggiata soggetta a pesi</i> . . . . .	20			
	• <i>Chiarimenti sul concetto di impegno strutturale</i> . . . . .	20			
Ω.2.5.	CALCOLO STRUTTURALE DELL'ARCO . . . . .	21			
	• <i>Archi in muratura o volte cilindriche</i> . . . . .	21			
	• <i>Proporzionamento del piedritto</i> . . . . .	22			
	• <i>Criteri di verifica dell'insieme arco-piedritto di studiosi post-rinascimentali</i> . . . . .	23			
Ω.2.6.	TEORIA DELLE STRUTTURE SPAZIALI . . . . .	23			
	• <i>Premesse</i> . . . . .	23			
	• <i>Interpretazione geometrica di una struttura spaziale</i> . . . . .	23			
	• <i>Impostazione statica di una struttura spaziale</i> . . . . .	24			
Ω.2.7.	COSTRUZIONE DI ARCHI E VOLTE . . . . .	25			
	• <i>Intradosso dell'arco</i> . . . . .	25			
	• <i>Estradosso dell'arco</i> . . . . .	27			
	• <i>Tipi di volte</i> . . . . .	27			
	• <i>Volte a crociera</i> . . . . .	28			
Ω.2.8.	SISTEMI ELASTICI . . . . .	29			
	• <i>Elementi rigidi e sistemi elastici</i> . . . . .	29			
	• <i>Libro X del "De Architectura" di Vitruvio</i> . . . . .	29			
Ω.3.	<b>APPLICAZIONI</b> ( <i>Raffaele Santillo</i> )				
Ω.3.1.	PROPRIETÀ DELLE CUPOLE IN MURATURA A SECCO: TRULLI, THOLOI, NURAGHI . . . . .	34			
	• <i>Parole</i> . . . . .	34			
	• <i>Aggetto e sporto: senza casseri</i> . . . . .	34			
	• <i>Dar di volta</i> . . . . .	34			
	• <i>Meccanismo d'equilibrio</i> . . . . .	34			
	• <i>Occhio</i> . . . . .	35			
	• <i>Configurazioni</i> . . . . .	36			
	• <i>Paraboloidi iperbolici nelle fontane sacre a Tholos</i> . . . . .	36			
	• <i>Tholos e nuraghi</i> . . . . .	37			
	• <i>Questioni supplementari</i> . . . . .	39			
Ω.3.2.	MEZZI E TECNICHE DI MOVIMENTAZIONE DI GROSSI MONOLITI . . . . .	39			
	• <i>Forze in pianura</i> . . . . .	39			
	• <i>Manovra</i> . . . . .	41			
	• <i>Limiti</i> . . . . .	41			
	• <i>Blocchi in opera</i> . . . . .	41			
	• <i>Obelischi del prima</i> . . . . .	43			
Ω.4.	<b>LE CUPOLE DELL'ANTICA ROMA</b> ( <i>Fabrizio Esposito</i> )				
Ω.4.1.	PANTHEON E POSSIBILI REGOLE DI UN LINGUAGGIO DIMENTICATO . . . . .	48			
	• <i>Considerazioni introduttive</i> . . . . .	48			
	• <i>Sezione aurea e triangolo diofantino</i> . . . . .	48			
	• <i>Il Pantheon e il triangolo diofantino</i> . . . . .	49			
Ω.4.2.	CENNI STATICI . . . . .	57			
	• <i>Statica di una cupola a pianta circolare</i> . . . . .	57			

## COMPONENTI DEGLI ORGANISMI MURARI

## ➔ STRUTTURE DI FONDAZIONE

## ➔ FONDAZIONI CONTINUE

## Muri di Fondazione Misti: Misura delle Quantità e dei Tempi delle Lavorazioni

Costo di 1 mc di muratura di fondazione, con pietrame resistente stratificato, escluso l'intonaco, fino alla profondità di due metri sotto il piano dello scavo generale. Compenso addizionale per ogni due metri di maggiore profondità: 1 ora di manovale (A. Lenti, Corso pratico di costruzioni, Tortona, S. Rossi, 1877; N. Cavaliere San Bertolo, Istituzioni di architettura statica e idraulica, Roma, 1826; G. Colorio, I prezzi delle costruzioni, Torino, Lattes, 1949) P.d.R.

Lavori Murali	Quantità	Tempi
<b>Muro di fondazione in pietrame informe con malta</b>		
Malta idraulica 1 mc		
Ghiaia	0,40 mc	-
Calce idraulica	0,15 mc	-
Sabbia	0,50 mc	-
<b>Muro 1 mc</b>		
Pietrame	1,05 mc	-
Malta	0,40 mc	-
Muratore	-	4,5 ore
Manovale	-	6,00 ore
<b>Muro di fondazione in pietrame listato di mattoni</b>		
Pietrame	0,95 mc	-
Mattoni	0,10 mc	-
Malta	0,40 mc	-
Muratore	-	4,5 ore
Manovale	-	6,00 ore
<b>Muro di fondazione in mattoni</b>		
Malta idraulica 1 mc		
Ghiaia	0,40 mc	-
Calce idraulica	0,15 mc	-
Sabbia	0,50 mc	-
<b>Muro 1 mc</b>		
Mattoni ordinari	0,90 mc	-
Malta	0,30 mc	-
Muratore	-	5 ore
Manovale	-	7 ore

## FONDAZIONI SU PALIFICATE

La realizzazione delle strutture di fondazione comporta sovente la necessità di migliorare, seppure localmente, la qualità del suolo naturale di appoggio. Alcuni noti espedienti per il miglioramento del suolo di fondazione, infatti, consentono di erigere edifici anche su terreni di mediocre qualità; si tratta di operare l'allargamento della base fondale o di porre in opera alcuni mezzi speciali come palificate di sostegno o mezzi di costipamento e di consolidamento del terreno (Fig. 24). Le palificate di sostegno si compongono di elementi lignei, tradizionalmente di larice, di pino o, meglio, di quercia, che vengono battuti con l'uso di un maglio sino a rifiuto così da approfondirli nel terreno compressibile, o intriso d'acqua, sino al raggiungimento del terreno incompressibile sottostante; all'apice della palificata, idoneamente livellata, si forma un piano ben connesso di travi orizzontali da cui si erge la struttura muraria della fondazione (Fig. 25, 26). Altri tipi di palificata sono descritti tra i mezzi di costipamento del terreno; si tratta di strutture messe in opera con passo piuttosto fitto e controllato; tali palificate sono efficacemente battute ma non in previsione del raggiungimento di un terreno particolarmente solido ma solo quanto necessaria per evitare che il peso della costruzione produca ulteriori abbassamenti di tale eterogeneo suolo fondale. L'uso delle palificate di costipamento si associa ad altri

## SCHEMA 10: FONDAZIONI SU PALIFICATE

## CARATTERISTICHE DEI TERRENI

- Alcuni terreni alluvionali ghiaiosi e sabbiosi, anche se acquitrinosi, si possono facilmente costipare, affondando in essi dei pali di legno, in numero e di lunghezza dipendenti dalla resistenza naturale del suolo e da quella che ad esso si vuole assegnare.
- Si chiama *rifiuto*, la quantità della quale si affondano i pali sotto l'azione dei ripetuti colpi di battitura; se questa quantità è nulla il rifiuto è assoluto.
- Se trascorre del tempo dal termine della battitura, venendo il costipamento del terreno trasmesso a maggiore distanza, e diminuendo quindi di intensità, si rende necessario ripetere la battitura per essere certi della compattezza del terreno.

## CARATTERISTICHE DEL LEGNAME

- Si impiegano tronchi ben dritti di quercia (resistente all'alternarsi dell'umido e del secco), pino, larice, olivo e ontano (resiste se impiegato sott'acqua), rovere, o faggio.
- I pali non devono essere né stagionati né squadati, né privi di alburno.
- Conviene comunque scortecciarli e privarli delle nodosità per renderne la superficie esterna più liscia, e diminuire quindi la resistenza all'affondamento.
- I pali, lunghi da 1,20 a 3 m, con diametri di 1/16 a 1/24 della lunghezza (da 0,18 a 0,24 m), si lavorano a punta per facilitare l'infissione e quelli più lunghi vengono armati in sommità da una ghiera di ferro che dopo la infissione del palo viene tolta per servire ad un altro palo.
- La distanza fra i pali è compresa fra 1,50-0,80 m.
- L'estremità inferiore si taglia in forma di piramide quadrangolare o di cono, a cui si dà generalmente un'altezza uguale a 2-1,5 volte il diametro del palo.
- La punta del palo può essere carbonizzata superficialmente, ma di solito si ricorre a punte di

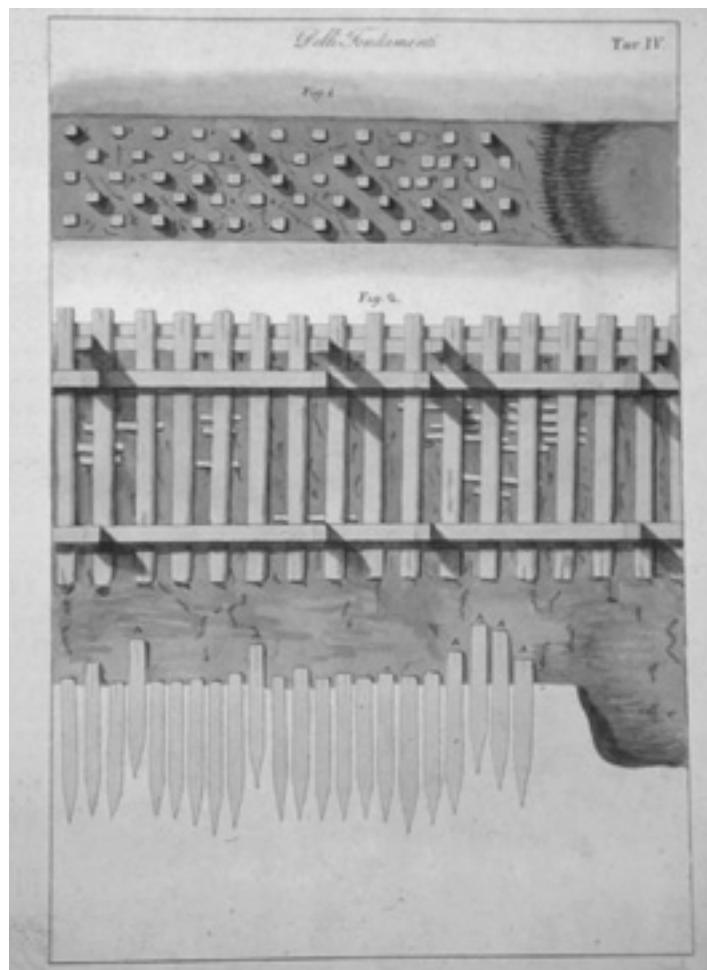


Fig. 24 Disposizione della passonata sul fondo dello scavo di fondazione. Giuseppe Valadier, Manuale di Architettura pratica. Roma 1828-39. Tav. IV

procedimenti utili ad evitare il cedimento e lo scorrimento del terreno compressibile; il più semplice e, insieme, il più consueto di tali sistemi consiste nel produrre la compressione e, quindi, l'assettamento regolare e uniforme del sottosuolo attraverso il costruire con la necessaria lentezza e le dovute interruzioni, la muratura di fondazione e quella in elevazione. Tale compressione naturale del sottosuolo, come del resto la compressione artificiale del terreno tramite battitura con magli, si adatta ai terreni fondali di natura piuttosto omogenea.

ferro di 4 o 5 cm di lato e di altezza, e a cuspidi o puntazze di ferro o di ghisa, fissate per mezzo di una lamina di ferro, oppure con chiodi posti attraverso ai fori di due o più ali di cui è munita la puntazza.

- Il miglior sistema consiste nel saldare alla puntazza una lamiera di ferro conica involupante interamente la punta del palo, perché le ali facilmente si piegano, si internano nei pali e li sfilano, e le punte coniche in ghisa facilmente si rompono sotto l'azione dei colpi.

## PRESCRIZIONI DELLA REGOLA DELL'ARTE PER LA COSTRUZIONE DI FONDAZIONI SU PALIFICATE

- I pali vengono distribuiti più numerosi e fitti nelle angolate e negli incroci delle murature, dove i carichi sono maggiori.
- Il lavoro viene condotto dall'esterno verso l'interno per limitare la zona di costipamento.
- Fatta la palificazione e recise le teste dei pali a uno stesso livello, si toglie tutta la terra che la battitura ha reso mobile fra ciascun palo, e si sostituisce con una muratura di pietrame o di calcestruzzo fortemente costipata, allo scopo di tenere salde le teste dei pali e di aumentare l'attrito laterale che contrasta un loro maggiore affondamento.
- In seguito vi si costruisce sopra una specie di graticcio in legname, formato con travi orizzontali posate direttamente sulle teste dei pali che sono destinate a rilegare, e fissate con caviglie o con opportuni incastri, sulle quali vengono posate pure, altre travi di traverso, il più delle volte congiunte a metà legno con le prime.
- Infine dopo aver riempito di muratura i vani di questa graticciata, vi si costruisce sopra una robusta impalcatura di tavoloni grossi generalmente 0,10-0,12 m, che forma la base su cui si eleva la costruzione murale.

(C. Formenti, La pratica del fabbricare, Milano, Hoepli, 1893. A. Lenti, Corso pratico di costruzioni, Tortona, S. Rossi, 1877) P.d.R.

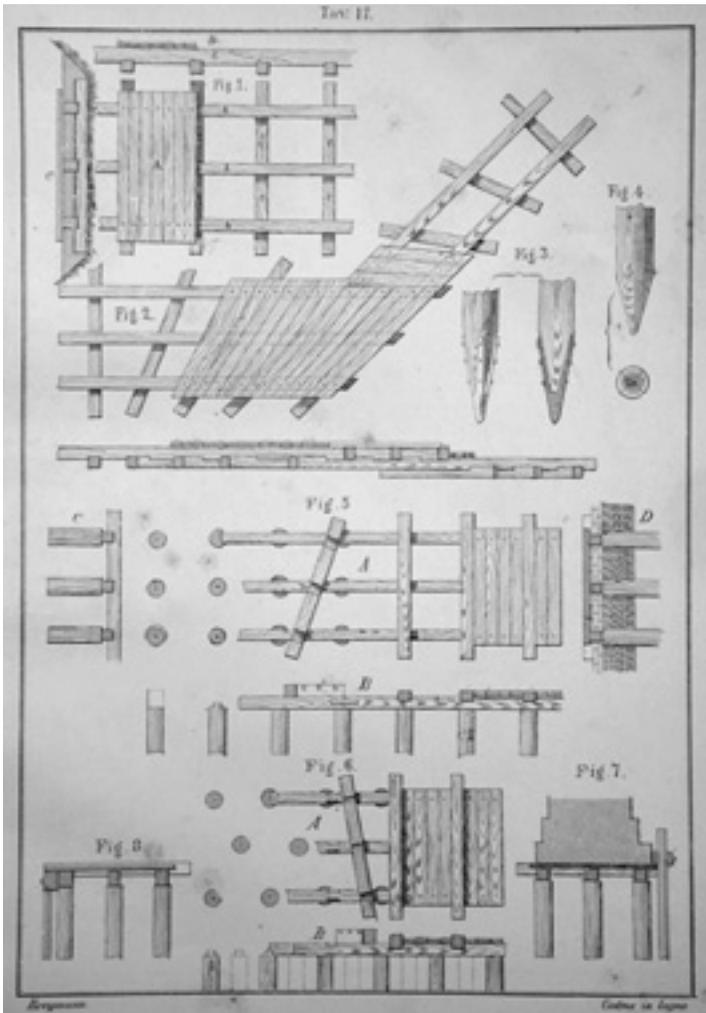


Fig. 25 Dettagli delle passonate e degli assiti su cui edificare la muratura di fondazione. Gustavo Adolfo Breyman, Trattato generale di costruzioni civili. Costruzioni in pietra, Tavole del Volume II, Tav. 17

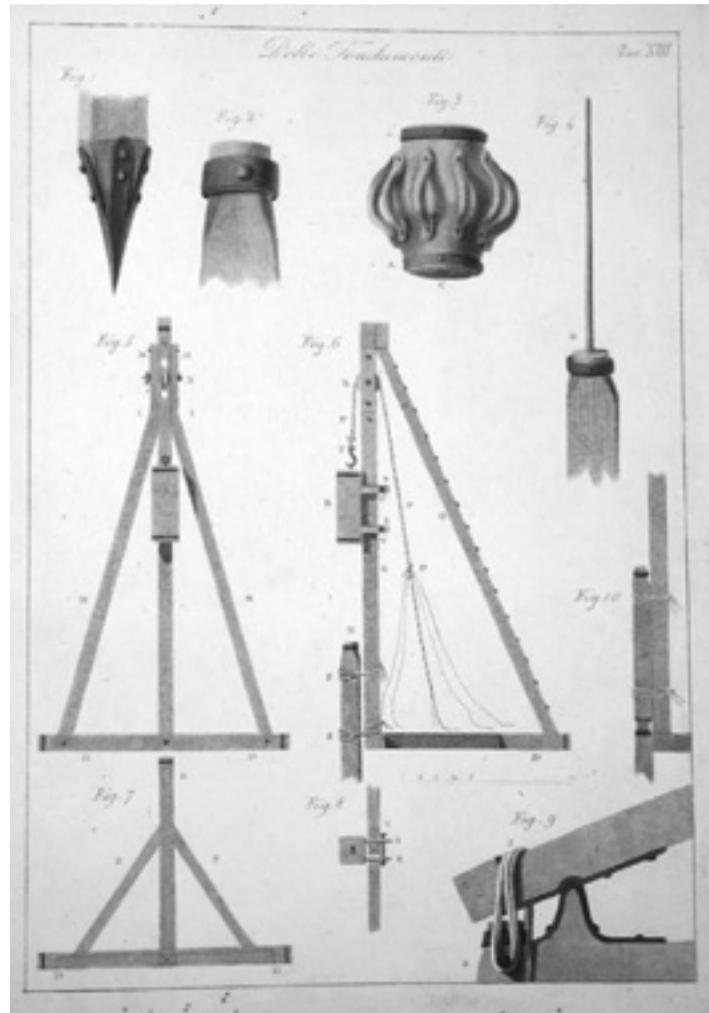


Fig. 26 Macchina battipalo per l'infissione dei passoni. Giuseppe Valadier, Manuale di Architettura pratica. Roma 1828-39. Tav. XIII

## FONDAZIONI SU ARCHI E PILASTRI

Le fondazioni con archi e pilastri sono da preferirsi in presenza di suoli di fondazione particolarmente disomogenei ove non sia possibile ricavare altro che una serie di appoggi puntuali; tali strutture trovano una eccellente applicazione in costruzioni la cui fisionomia tipologica non impone la localizzazione dei carichi lungo

l'intero perimetro murario. Le fondazioni con archi e pilastri consistono in strutture di supporto, pilastri, eventualmente posati su pali, collegate reciprocamente al piede da brani di muratura orizzontale o anche da archi rovesci e, in cima, da archi sommitali utili a sostenere, peraltro con continuità, lo sviluppo orizzontale delle pareti

di elevazione (Fig. 27). La tecnica di murazione è quella già descritta per le fondazioni continue e consiste nella realizzazione dello scavo per pozzi isolati e nell'edificazione, all'interno di essi, della compagine muraria che utilizza, come cassaforma per le parti centinate, brani di terreno appositamente lasciati in sito.

### SCHEDA 11: FONDAZIONI SU ARCHI E PILASTRI

#### ELEMENTI COMPONENTI

**Pietrame informe** di grana compatta e omogenea  
**Pietrame lavorato:** 0,10mx0,20mx0,20m

**Malta** per muri di fondazione in pietrame e pezzi di tufo vulcanico:

0,40 ghiaia – 0,15 calce idraulica – 0,50 sabbia oppure

**Laterizi**

Malta per muri di fondazione in laterizi:  
0,30 calce – 0,70 pozzolana

#### PRESCRIZIONI DELLA REGOLA DELL'ARTE PER LA COSTRUZIONE DI FONDAZIONI SU ARCHI E PILASTRI

- Quando il **terreno resistente** si trova a notevole profondità si scavano dei **pozzi** fino al terreno resistente, entro i quali si costruiscono i **pilastri** di diametro circa eguale alla massima diagonale dei pilastri fuori terra, avendo cura di disporre sul fondo uno strato di calcestruzzo o di mattoni ferrigni alto da 0,50 m a 1,00m.
- Si scavano i **pozzi** ogni 2 m sino al terreno sodo e si riveste di muratura.
- Si uniscono poi i pilastri con robusti archi, a sostegno delle murature.

- A volte per una maggiore resistenza i pilastri di fondazione si uniscono fra loro anche mediante degli **archi rovesci**, in tal modo la pressione verticale esercitata viene distribuita sulla superficie coperta non solo dai pilastri, ma anche dagli archi rovesci. (N. Cavaliere San Bertolo, *Istituzioni di architettura statica e idraulica*, Roma, 1826)

#### 1. Pozzi scavati per sottomurazione

- Si costruisce un **cilindro di muratura** dello spessore di 0,06m a 0,12 m.
- Sul fondo si **scava il terreno** in modo da costruire una seconda sezione cilindrica, e così di seguito. Con questo metodo per la costruzione del pozzo è necessario un manovale che scava il terreno, leva la terra e permette a un muratore di costruire la sezione cilindrica in muratura.

#### 2. Pozzi scavati a tamburo

- Si costruisce la **camicia di muratura** su una robusta **corona in legname** circolare, che si affonda scavando le terre interne e sottostanti. Per questo è necessario un muratore in superficie che

costruisca il cilindro di muratura e un manovale sul fondo del pozzo che scavando al di sotto e all'interno della corona di legname ne permetta l'affondamento.

- Compiuti i **pozzi** se ne spiana il fondo e si esegue la muratura per strati regolari. (A. Lenti, *Corso pratico di costruzioni*, Tortona, S. Rossi, 1877)
- I pozzi vanno fatti di **forma cilindrica** perché più resistenti in caso di terremoto. (Masciari Genovese, *Trattato di costruzioni antisismiche...*, Milano, 1918)

#### Costruzione degli archi sui pilastri di fondazione

- L'**arco** si imposta su un masso di pietra conca, in modo che gli estradosi dei due archi contigui non si tocchino, altrimenti separerebbero i materiali superiori all'imposta da quelli inferiori, con grave danno al collegamento.
- Si modella la **terra** in modo che presenti la stessa curvatura dell'arco e gli serva da **armatura**, sopra si stende uno strato di sabbia. (C. Gelati, *Nozioni pratiche e artistiche di architettura*, Torino, 1907)

**A.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI

**B.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI

**C.**  
MATERIALI

**D.**  
CEDIMENTI STRUTTURALI

**E.**  
INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA

**F.**  
NORMATIVE E PROCEDURE

**G.**  
PROGETTO E DIREZIONE LAVORI

**H.**  
APPROCCI METODOLOGICI

**I.**  
INTERVENTI

**Ω.**  
STRUTTURA E GEOMETRIA NELL'ARCHITETTURA STORICA

**A.1.**  
EDILIZIA TRADIZIONALE

**A.1.3.**  
COMPONENTI DEGLI ORGANISMI MURARI

## MINERALI

La definizione **Materiali Lapidei Naturali** indica genericamente le pietre usate dall'uomo in architettura, scultura e come materia prima per la produzione di "materiali lapidei artificiali", quali intonaci, stucchi, laterizi, ecc. Più specificamente i geologi usano il termine **roccia** per indicare un aggregato di minerali, costituente la parte solida della terra, con composizione (chimico-mineralogica), struttura e aggregazione indipendente dalle altre unità petrografiche vicine. Il termine **pietra** viene usato più propriamente per le rocce compatte impiegate in architettura e scultura.

I **minerali** sono materiali solidi costituenti le rocce. Hanno composizione chimica e struttura cristallina definita e sono formati naturalmente. È possibile tuttavia produrre artificialmente sostanze con la stessa composizione e struttura dei minerali esistenti in natura: ad esempio la calcite, minerale costituente molte rocce, cui corrisponde la composizione chimica del carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), ha la stessa composizione e struttura cristallina del prodotto che si ottiene dalla carbonatazione della calce, come risultato del processo di presa.

Il comportamento chimico delle rocce, e quindi la loro reattività rispetto agli agenti chimici e la durabilità rispetto agli inquinanti atmosferici, è funzione dei minerali costituenti. Da questo specifico punto di vista si possono suddividere i minerali più frequenti e più abbondanti nelle rocce impiegate dall'uomo, in due grandi gruppi: quello dei **carbonati** e quello del **quarzo, silicati e silico-alluminati**.

Tra i carbonati, il minerale di gran lunga più abbondante è la **calcite**, carbonato di calcio cui corrisponde la formula chimica  $\text{CaCO}_3$ , seguito dalla **dolomite**, carbonato di calcio e magnesio, che ha formula  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

In molte rocce calcaree, calcite e dolomite sono presenti contemporaneamente in concentrazioni variabili nei diversi litotipi, dai calcari propriamente detti, nei quali la dolomite è assente o non superiore a qualche per cento, fino alle dolomie, in cui la dolomite è largamente prevalente ( $\geq 95\%$ ).

La caratteristica chimica più importante di questi minerali, dal punto di vista della durabilità delle rocce che li contengono, è la loro scarsa resistenza alle sostanze acide.

Quando un carbonato viene in contatto con una soluzione acida (per es. acqua in cui è disciolta una rilevante quantità di biossido di carbonio  $\text{CO}_2$ , oppure acqua in cui è disciolto acido solforico prodotto dall'inquinamento atmosferico), reagisce dando luogo a un prodotto più solubile, che quindi può essere più facilmente disciolto dall'acqua.

Ad esempio:

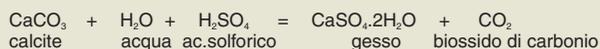


Fig. 2 Visione ravvicinata del granito della Fig. 1, che mostra i grandi cristalli di quarzo e feldspati, ben visibili ad occhio nudo

La dolomite ha una resistenza agli acidi maggiore di quella della calcite.

Quarzo, silicati e silico-alluminati costituiscono una famiglia, suddivisa in grandi gruppi che comprendono numerosissimi minerali, molto diffusi e abbondanti nelle rocce, tutti caratterizzati dalla presenza degli elementi chimici silicio e ossigeno; nei silico-alluminati il silicio è in parte sostituito dall'alluminio. Essi inoltre sono accomunati da forti affinità nella struttura cristallina, nella quale è sempre presente come unità fondamentale, il gruppo  $\text{SiO}_4$ . Questa unità fondamentale, ripetendosi nelle tre direzioni dello spazio con modalità diverse, dà luogo alle strutture cristalline dei diversi gruppi di minerali. Nell'ambito di ciascun gruppo i singoli minerali si differenziano tra loro per la presenza di altri elementi chimici in forma di ioni positivi (come il sodio, il potassio, il calcio, il magnesio, il ferro, ecc.) in quantità e rapporti percentuali diversi. I minerali costituiti da biossido di silicio o silice ( $\text{SiO}_2$ ), di cui il **quarzo** è il minerale più importante, non contengono alcun altro elemento chimico.

La varietà e la complessità chimica dei minerali silicatici rende impossibile descrivere in modo sintetico e semplice il loro comportamento chimico. In generale, si può però osservare che i silicati sono più resistenti dei carbonati all'attacco delle sostanze acide. In particolare, il quarzo è tra i minerali chimicamente più stabili esistenti in natura. Altri silicati e silico-alluminati possono essere attaccati da acque acide (per es. ricche di  $\text{CO}_2$ ) che lentamente asportano dal reticolo cristallino gli ioni positivi più piccoli, come ad esempio il sodio, sostituendoli con lo ione idrogeno. Questa sostituzione, che in natura avviene in tempi estremamente lunghi, e con velocità diversa a seconda del tipo di minerale e delle condizioni ambientali, può provocare il collasso e la trasformazione del reticolo cristallino del minerale di partenza, la perdita progressiva di silice ( $\text{SiO}_2$ ) e quindi la formazione di nuovi minerali. È attraverso questo tipo di processo che in natura si formano i minerali argillosi, per alterazione di silico-alluminati preesistenti chiamati feldspati. Il processo è comunemente indicato come "caolinizzazione dei feldspati" e prende il nome dalla caolinite, uno dei minerali argillosi.

I **minerali argillosi** sono caratterizzati da una struttura cristallina a strati nella quale strati con unità fondamentale  $\text{SiO}_4$  sono alternati a strati nei quali il silicio è

sostituito dall'alluminio e l'unità fondamentale è  $\text{AlO}_2$ . Anche in questo caso le cariche elettriche negative residue delle unità fondamentali sono bilanciate dalla presenza nel reticolo di ioni positivi. L'alternanza e il raggruppamento degli strati crea la cosiddetta "struttura a wafer" o "a foglietti", tipica dei minerali argillosi; un singolo cristallo è costituito da circa 300 foglietti. Sono noti più di 50 minerali argillosi, raggruppati in funzione delle affinità della loro struttura.

Per una descrizione più dettagliata e per l'illustrazione di queste strutture si rimanda al capitolo sulla "Terra cruda". I minerali argillosi sono tra i principali costituenti dei suoli; hanno cristalli molto piccoli (dell'ordine di 1-2  $\mu\text{m}$ ) che spesso hanno una forma che ricorda la specifica struttura cristallina. La superficie dei cristalli dei minerali argillosi esercita una forte attrazione nei riguardi dell'acqua, che li riveste di un velo sottile e agisce così da lubrificante, facilitando lo slittamento dei cristallini gli uni sugli altri. In questo modo l'acqua conferisce plasticità alla massa argillosa; questa interazione tra acqua e minerali argillosi è un processo reversibile e quando l'acqua viene persa per evaporazione e l'argilla si asciuga, la sua plasticità viene persa. L'uomo ha saputo sfruttare questo comportamento per modellare l'impasto di argilla bagnata e ottenerne forme diverse (mattoni, vasi, oggetti diversi). Per rendere stabili le forme ottenute è necessario rendere irreversibile l'interazione con l'acqua. A tale scopo si sottopone il manufatto a cottura, a una temperatura sufficiente a distruggere la struttura dei minerali argillosi (Vedi il Capitolo sui "Prodotti Ceramici").

Oltre che rivestire con un velo sottile i cristalli dei minerali argillosi, l'acqua può anche entrare all'interno della loro struttura cristallina, inserendosi tra i foglietti e provocandone l'allontanamento reciproco. Come conseguenza di ciò si produce un rigonfiamento del cristallo. Questo fenomeno si verifica in misura diversa per i diversi gruppi di minerali argillosi: è massimo per i minerali del gruppo delle **smectiti** e minimo per quello della **caolinite**. La presenza di minerali rigonfiabili all'interno di una pietra costituisce un grave fattore di deterioramento in quanto il processo è reversibile e può dar luogo ciclicamente a rigonfiamento o contrazione dei cristallini, in funzione della disponibilità dell'acqua; dunque ogni volta che la pietra si bagna o si asciuga si



Le Figg. 1-6 illustrano alcuni esempi di monumenti e sculture costituiti da rocce ignee e piroclastiche

verifica una importante instabilità dimensionale al suo interno, che ne può fortemente ridurre la durabilità.



Fig. 3 Venezia, Basilica di S. Marco: il gruppo dei quattro Mori scolpiti in porfido rosso (roccia ignea effusiva). È ben evidente la grande compattezza del materiale e il suo ottimo stato di conservazione, nonostante l'esposizione a una atmosfera molto aggressiva per la presenza del mare, per le caratteristiche del clima e per l'inquinamento atmosferico

NOTA:  $1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$



Le pietre vengono comunemente designate con il loro nome commerciale (che spesso dà anche indicazioni sulla zona di provenienza), oppure usando nomi di fantasia o legati alla tradizione o al loro impiego principale. Tale tipo di nomenclatura, tuttavia, non tenendo conto delle caratteristiche petrografiche e mineralogiche dei materiali, non permette una loro classificazione rigorosa e si presta a volte a equivoci e confusioni. In commercio, ad esempio, si indicano come "marmi" tutti i materiali lapidei sufficientemente compatti da poter essere lucidati, e come "pietre" quelli più porosi che non si prestano a questo tipo di finitura superficiale, indipendentemente dalla loro composizione mineralogica e dalle caratteristiche strutturali, che pure ne condizionano fortemente l'uso e la durabilità. La classificazione scientifica, che considera i diversi litotipi in funzione di tutti i parametri necessari alla loro univoca identificazione, è quella fornita dalla Petrografia (meglio definita come Petrologia), la scienza che definisce le rocce come aggregati di minerali e ne studia l'origine e le eventuali modificazioni.

*Fig. 4 Roma, Stele di Axum (Etiopia), costituita da un blocco, originariamente monolitico, di trachite fonolitica (roccia ignea effusiva). La stele, già fratturata in epoca antica in 5 pezzi, fu portata a Roma nel 1937 e ricostruita mediante l'inserimento di grandi perni di rame, annegati nel cemento. Grazie alla sua natura silicatica, l'inquinamento atmosferico della città ha avuto finora una influenza molto modesta sul monumento. La foto illustra il monumento dopo un anno dalla conclusione dell'intervento di pulitura*

La Petrografia classifica le rocce in base al processo e alle condizioni di formazione e, in subordine, in base alla loro tessitura e struttura e alla composizione mineralogico-chimica.

Il termine **tessitura** descrive le relazioni tra le diverse parti di una roccia o tra i suoi componenti (es. presenza di stratificazioni, zonature, fratture, ecc.). La **struttura** descrive le relazioni esistenti tra i granuli o i cristalli componenti la roccia e quindi l'aspetto che da esse deriva. La struttura dipende da numerosi fattori, tra cui dimensioni (es. struttura granitoide, porfirica), forma e disposizione (es. struttura cristalloblastica) e stato fisico, vetroso o cristallino, dei componenti (es. struttura olocristallina, ipocristallina, vetroso). Va ricordato tuttavia che, nell'uso comune, il significato dei due termini, tessitura e struttura, non è così chiaramente distinto ed essi vengono spesso usati l'uno in sostituzione dell'altro.

In base al processo genetico le rocce sono distinte in **igne, sedimentarie e metamorfiche**:

**Rocce ignee** = formate per solidificazione di un magma

**Rocce sedimentarie** = formate per compattazione e cementazione di un deposito

**Rocce metamorfiche** = formate da rocce preesistenti, attraverso cambiamenti che avvengono allo stato solido, provocati da forti pressioni e alte temperature, ma senza che la massa fonda

## CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE ROCCE

### ROCCE IGNEE (ERUTTIVE O MAGMATICHE)

Le **rocce ignee** derivano dalla solidificazione del magma, massa fluida di composizione essenzialmente silicatica, presente allo stato fuso nella crosta e nelle zone più esterne del mantello terrestre. Le rocce ignee sono le prime che si sono formate nel nostro pianeta. Quando la solidificazione avviene al di sotto della superficie terrestre, le rocce che si formano sono chiamate **intrusive**; quando essa avviene sulla superficie terrestre le rocce che si formano sono dette **effusive**.

La formazione delle rocce ignee intrusive avviene in corrispondenza di una lenta diminuzione di pressione e temperatura, che provoca la lenta solidificazione del magma e la formazione pressoché totale di composti cristallini (rocce a struttura olocristallina), con individui cristallini mediamente grandi e ben formati.

La formazione delle rocce ignee effusive avviene in corrispondenza di una brusca diminuzione di pressione e temperatura, che provoca la rapida solidificazione del magma e la formazione più o meno abbondante di composti vetrosi misti a componenti micro-

cristallini (es. rocce a struttura vetroso, rocce a struttura ipocristallina); nella massa vetroso possono essere dispersi minerali ben cristallizzati (es. rocce a struttura porfirica).

Esiste infine un terzo gruppo di rocce originate dall'accumulo di materiale detritico espulso durante le eruzioni vulcaniche di tipo esplosivo (ceneri, scorie e lapilli, insieme a frammenti del cono vulcanico). Questo materiale incoerente, che si deposita nella zona intorno al vulcano, sia sul terreno che sul fondo di bacini acquatici, si compatta e lentamente si può trasformare in un materiale coerente, attraverso processi simili a quelli

che portano alla formazione delle rocce sedimentarie (vedi). I materiali che ne derivano vengono chiamati **rocce piroclastiche** (dalle parole greche "pi" = fuoco e "clastos" = frammento). In particolare, se la cementazione avviene in ambiente aereo (su terreni emersi) si hanno i **tuffi**; se avviene in ambiente subacqueo si hanno le **tuffiti**.

Un prodotto piroclastico che non ha subito la compattazione e che, pertanto, rimane incoerente è la **pozzolana**, materiale di grande importanza per la sua capacità di conferire idraulicità alle malte a base di calce aerea (vedi malte pozzolaniche).



*Fig. 5 Firenze, Duomo, dettaglio del paramento esterno. La bicromia è ottenuta con fasce e riquadri di "Verde di Prato" sul fondo bianco del marmo. Il Verde di Prato è una serpentina (una roccia effusiva basica)*

*Fig. 6 Orvieto, Cattedrale, lato Nord. La bicromia della parete è ottenuta alternando filari bianchi di travertino a filari grigio scuri di leucite (una roccia effusiva basica di tipo basaltico)*



**A.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI

**B.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI

**C.**  
MATERIALI

**D.**  
CEDIMENTI STRUTTURALI

**E.**  
INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA

**F.**  
NORMATIVE E PROCEDURE

**G.**  
PROGETTO E DIREZIONE LAVORI

**H.**  
APPROCCIO METODOLOGICI

**I.**  
INTERVENTI

**Ω.**  
STRUTTURA E GEOMETRIA NELL'ARCHITETTURA STORICA

**C. 1.**  
LAPIDEI NATURALI

**C. 1. 1.**  
MINERALI

**C. 1. 2.**  
CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE ROCCE

➔ **METODOLOGIE E STRUMENTI D'INDAGINE: COME PROCEDERE NELLA FASE DIAGNOSTICA**



Fig. 21



Fig. 22



Fig. 23



Fig. 24

Figg. 21, 22, 23, 24 La rotazione o lo spanciamento di una membratura muraria, la deformazione di un arco, la depressione di una struttura voltata, possono essere efficacemente localizzati ricorrendo a metodi e strumenti di estrema semplicità

In questa primissima fase di studio, propedeutica alla diagnosi, il tecnico deve tenere conto di una circostanza estremamente importante. L'intonaco, che nelle strutture vetuste ha spesso forti spessori, è molto più deformabile della muratura sottostante ed ha scarsa aderenza con la superficie muraria; ciò determina una fase di stasi nella fessurazione sull'intonaco mentre essa continua a evolversi nella muratura. Accade così che dietro a una fessurazione appena percettibile sull'intonaco si nasconda una lesione macroscopica. Tale circostanza rende indispensabile rimuovere l'intonaco almeno in corrispondenza delle lesioni osservate.

Fig. 25



Fig. 26



Figg. 25, 26 La rimozione dell'intonaco può portare alla luce situazioni inaspettate

Conclusa questa prima serie d'indagini si può passare alla fase successiva, che consiste nella redazione del rilievo strutturale e della ricerca storica, la cui importanza è già stata sottolineata in un precedente capitolo.

A questo punto è possibile percorrere un passaggio fondamentale della fase diagnostica, e cioè la sovrapposizione dei dati raccolti durante la campagna d'indagini agli elaborati di rilievo: su di essi si riporterà la localizzazione delle lesioni di deformazione e di fessurazione, le loro caratteristiche, l'età e la rapidità di evoluzione, la "mappatura" degli stati tensionali agenti sulle diverse membrature murarie; questi ultimi saranno quantificati mediante analisi numeriche condotte localmente.

Si ottiene in tal modo un "quadro clinico" completo e dettagliato dell'organismo edilizio, che rappresenta la base di partenza per la fase conclusiva dell'attività diagnostica: l'identificazione dei dissesti, la ricerca e l'individuazione delle cause perturbatrici.

Il tecnico possiede a questo punto tutto quanto gli è necessario per pervenire alla diagnosi: ha individuato le parti strutturali del manufatto ed ha ripercorso le alterazioni che esse hanno subito nel tempo; conosce i materiali e le loro caratteristiche, così come le tecniche costruttive adottate; conosce i modi in cui i carichi si organizzano e si distribuiscono (o si concentrano) fra le membrature e al loro interno, e li ha quantificati; ha localizzato, caratterizzato e datato i quadri deformativi e fessurativi. Sovrapponendo e confrontando questi dati egli deve essere in grado di porre nella giusta corrispondenza lesio-

DIAGNOSI DEI DISSESTI E TERZO PRINCIPIO DELLA TEORIA DELLA FATISCENZA MURARIA

ni e dissesti, e di risalire da questi alle cause che li hanno provocati (Cfr. esempio E in calce al paragrafo). Può accadere che il tecnico rilevi la carenza di specifiche informazioni, che non gli permette di completare e concludere la diagnosi; in tal caso egli dovrà verificare la possibilità di reperire i dati mancanti operando con i me-

todi e gli strumenti descritti in precedenza. Se ciò dovesse risultare impossibile valuterà l'opportunità di ricorrere all'ausilio degli strumenti di monitoraggio che la tecnologia mette oggi a nostra disposizione. È importante a questo proposito sottolineare come sia assolutamente da evitare (perché inutile, costoso e tal-

volta anche dannoso) ricorrere alla cieca a tali metodologie nella vana speranza di scorgere, fra le righe di oscuri e tediosi tabulati, il nome dei dissesti. L'ausilio di questi sofisticati strumenti è prezioso solo quando sia mirato all'approfondimento e all'eventuale integrazione di risultati ottenuti in precedenza.

ESEMPI

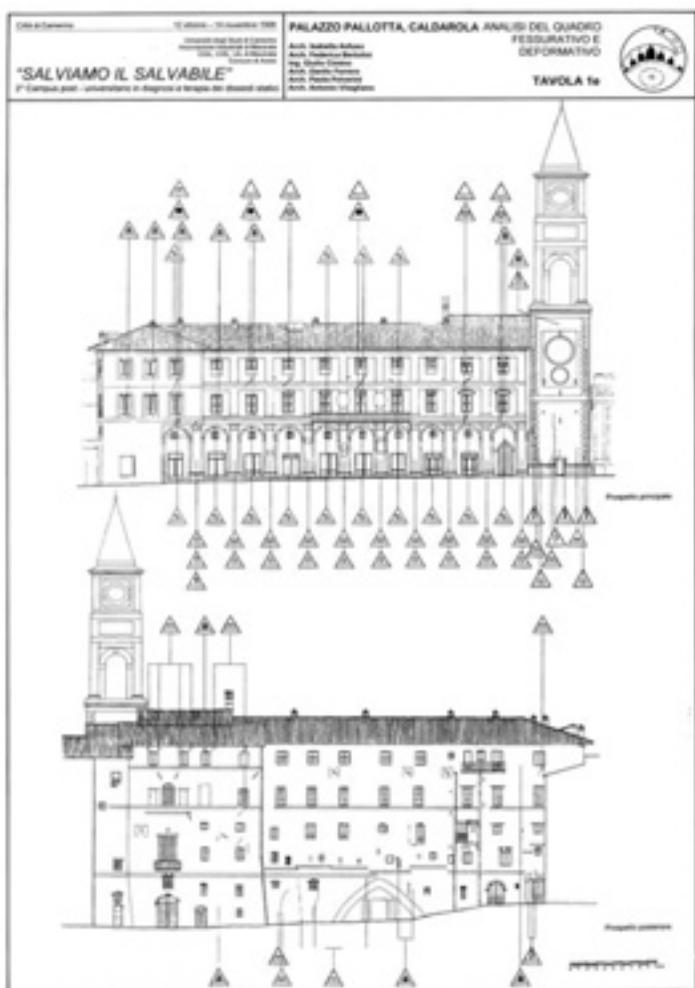


Fig. 27

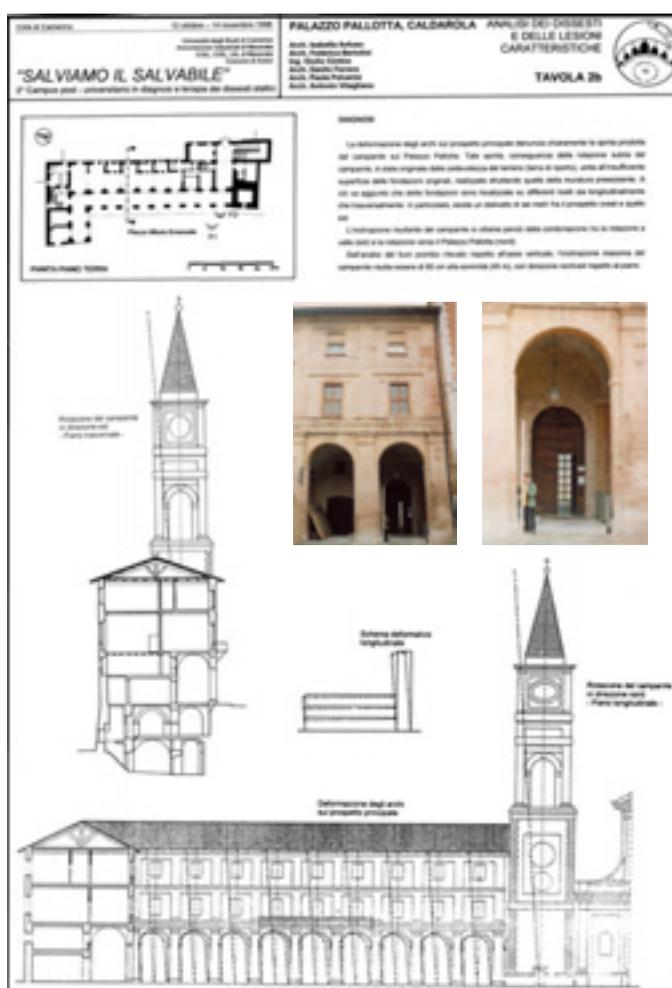


Fig. 28

Esempio E

I due elaborati mostrano una possibile soluzione per rappresentare graficamente il quadro fessurativo e deformativo rilevato (tavola a sinistra) e i risultati dell'analisi condotta per giungere all'identificazione dei dissesti corrispondenti (tavola a destra). Gli elaborati sono stati redatti da un gruppo di professionisti durante lo svolgimento del II° campus post-universitario "salviamo il salvabile" in diagnosi e terapia dei dissesti statici (Camerino, 1998).

STUDIO DEI DISSESTI STATICI ELEMENTARI E RELATIVE METODOLOGIE DIAGNOSTICHE

La forma assunta da una fessurazione dipende dallo stato tensionale che si genera all'interno della massa muraria interessata.

La trattazione analitica di tali relazioni, seppure di fondamentale importanza per la comprensione dei fenomeni fessurativi, esula dalla natura e dagli scopi della presente opera. Ci accontenteremo in questa sede di esaminare i dissesti che con maggiore frequenza colpiscono le strutture esistenti, e di osservare per ciascuno di essi il corrispondente quadro fessurativo e/o deformativo e le possibili cause perturbatrici; vedremo inoltre quali indagini effettuare, come e dove condurle, quali strumenti utilizzare e quali criteri seguire per elaborare una diagnosi scrupolosa e attendibile.

È doveroso mettere in guardia i lettori più giovani rispetto alle necessarie semplifica-

zioni delle pagine a seguire. Di rado infatti un dissesto si presenta isolato: molto più spesso esso si sovrappone ad altri, e tale circostanza (unita ad altre infinite variabili) rendono poco agevole l'immediata identificazione dello stesso.

E seppure la validità dei principi fin qui enunciati sia indiscutibile e generale, nella pratica essi vanno applicati a situazioni sempre mutevoli e diverse. Solo una lunga esperienza condotta sul campo può riuscire a infondere sicurezza al tecnico (che tuttavia non deve mai dimenticare la prudenza!); ma l'esperienza ha un inizio, e a sua volta esso è innescato dal motore della curiosità e della volontà di sapere, che certamente rappresentano la maggiore ricchezza proprio di chi si appresta a iniziare.

**A.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI

**B.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI

**C.**  
MATERIALI

**D.**  
CEDIMENTI STRUTTURALI

**E.**  
INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA

**F.**  
NORMATIVE E PROCEDURE

**G.**  
PROGETTO E DIREZIONE LAVORI

**H.**  
APPROCCI METODOLOGICI

**I.**  
INTERVENTI

**Ω.**  
STRUTTURA E GEOMETRIA NELL'ARCHITETTURA STORICA

**D.1.**  
DISSESTI STATICI

**D.1.5.**  
DIAGNOSI DEI DISSESTI E TERZO PRINCIPIO DELLA TEORIA DELLA FATISCENZA MURARIA

**D.1.6.**  
STUDIO DEI DISSESTI STATICI ELEMENTARI E RELATIVE METODOLOGIE DIAGNOSTICHE

## ELABORATI DI PROGETTO

## ➔ PROGETTO DEFINITIVO

- "l'analisi dei costi e dei benefici";
- le "caratteristiche dimensionali e volumetriche";
- le "caratteristiche tipologiche";
- le "caratteristiche funzionali";
- le "caratteristiche tecnologiche".

Solo se poste su nuove meditate basi – critiche e operative –, le linee del progetto preliminare possono essere riprese in un progetto, che sia in qualche modo "definitivo". Su questo termine occorre ragionare: tra le finalità della "legge Merloni" non sta solo l'aggiornamento culturale, organizzativo, tecnologico della legislazione vigente nel campo delle "opere pubbliche", ma l'intento di definire la durata dei lavori e di quantificare gli oneri, entro limiti di previsione attendibili. Che ciò valga anche in sede di restauro

risulta evidente: in tutta l'Italia vi sono cantieri di restauro, che giacciono a ventre aperto, in attesa di qualche ulteriore stanziamento risolutivo. Troppe opere di restauro sono state iniziate, senza un corretto programma, scandito per fasi successive nel tempo: mentre un cantiere lasciato aperto, può comportare l'avvio sicuro alla distruzione di preesistenze storiche.

Il progetto definitivo deve, in alcuni casi fare riferimento a "studi di impatto ambientale": per questo argomento si rimanda alla normativa, V.I.A. vigente in materia: normativa che, la per la sua complessità, non può essere oggetto di semplice riassunto.

La Legge Merloni fa poi riferimento ai disegni di progetto: il termine "progetto" nell'antica e nella nuova legislazione delle opere pubbliche, non si riferisce mai ai soli disegni, che invece, riduttivamente, sono spesso considerati parte preponderante, se non esclusiva,

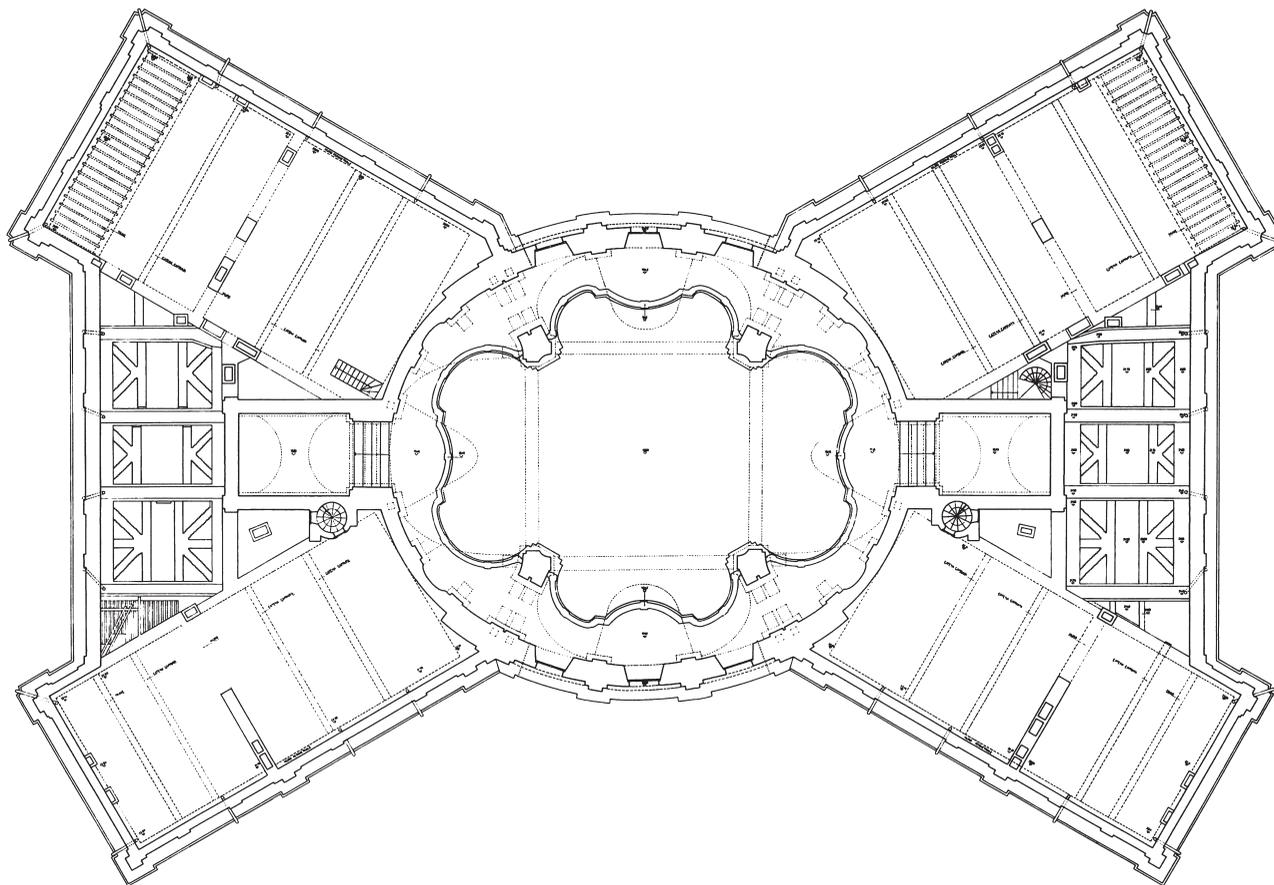


Fig. 22 Stupinigi. Palazzina di Caccia. Salone centrale e appartamenti Reali. Pianta della copertura a livello della balconata (dal progetto di restauro di Gabetti-Isola, Momo)

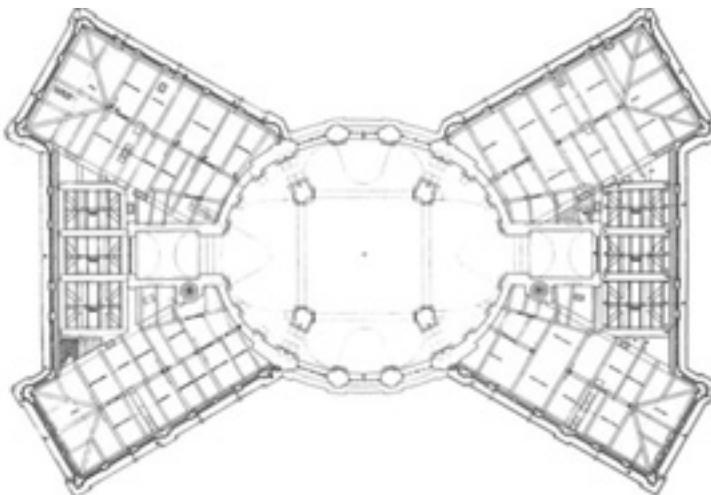


Fig. 23 Stupinigi. Fondazione Palazzina Mauriziana di Stupinigi. Salone centrale e appartamenti Reali. Pianta

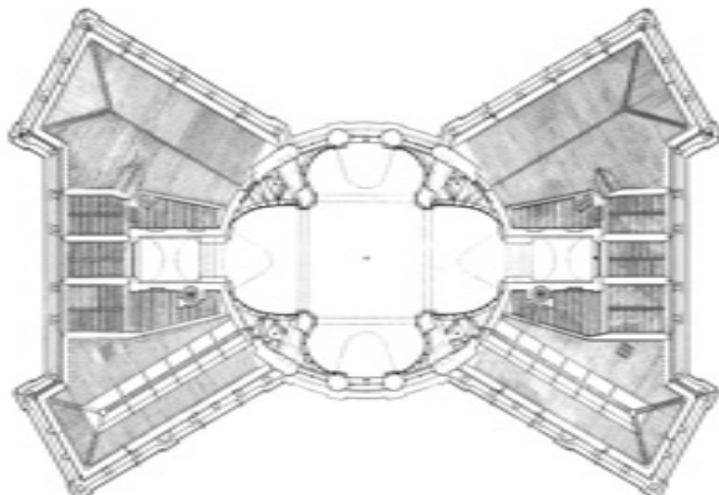


Fig. 24 Stupinigi. Fondazione Palazzina Mauriziana di Stupinigi. Salone centrale e appartamenti Reali. Pianta del manto di copertura

del progetto. I disegni sono elemento del progetto, assieme alla relazione, al capitolato speciale, al computo metrico e a quant'altro la legge prescrive. Base per i disegni di progetto di restauro sono necessariamente i disegni di rilievo. Può essere utile, per la redazione dei disegni di progetto, disporre come base, disegni di rilievo redatti in C.A.D.

Una sommaria distinta dei disegni può essere costituita da:

- planimetria della zona, in scala IGM;
- planimetria del P.R.G.;
- planimetria della zona – in scala 1:1000;
- planimetria dell'area di intervento, estesa agli spazi pubblicitari e privati adiacenti – scala 1:500;
- piante delle fondazioni – scala 1:100;

- piante ai vari livelli (compresi gli ammezzati);
- pianta dei sottotetti ( nel caso di tetti a falde) (Figg. 22, 23, 24, 25, 26);
- pianta delle coperture

e inoltre da:

- sezioni trasversali e longitudinali (Figg. 27, 28);
- prospetti delle fronti;
- particolari in pianta, sezione, prospetto almeno in scala 1/25-1/20 (Figg. 29, 30, 31, 32, 33);
- elementi costruttivi significativi: e cioè parti strutturali murarie (archi e volte), capriate, architravi, ecc.

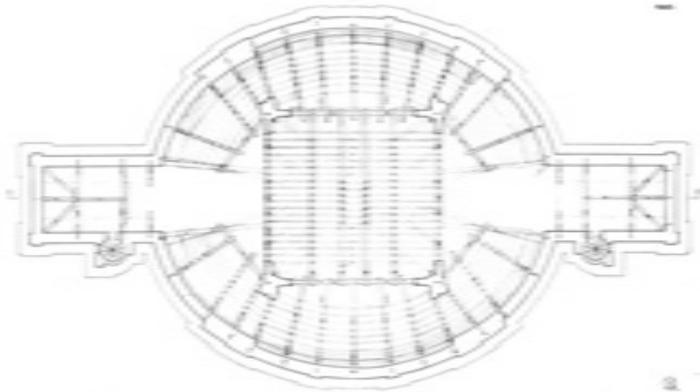


Fig. 25 Stupinigi. Fondazione Palazzina Mauriziana di Stupinigi. Salone centrale e appartamenti Reali. Pianta

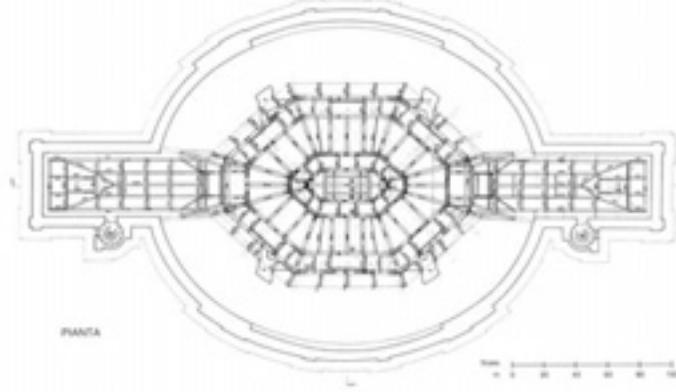


Fig. 26 Stupinigi. Fondazione Palazzina Mauriziana di Stupinigi. Salone centrale e appartamenti Reali. Pianta

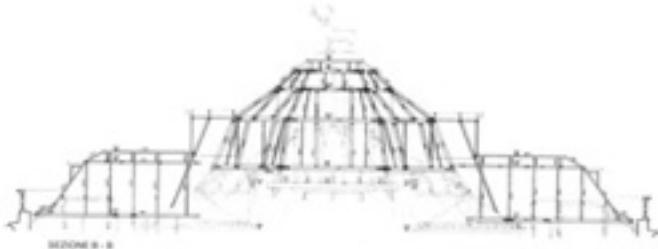


Fig. 27 Stupinigi. Fondazione Palazzina Mauriziana di Stupinigi. Salone centrale e appartamenti Reali. sezione longitudinale

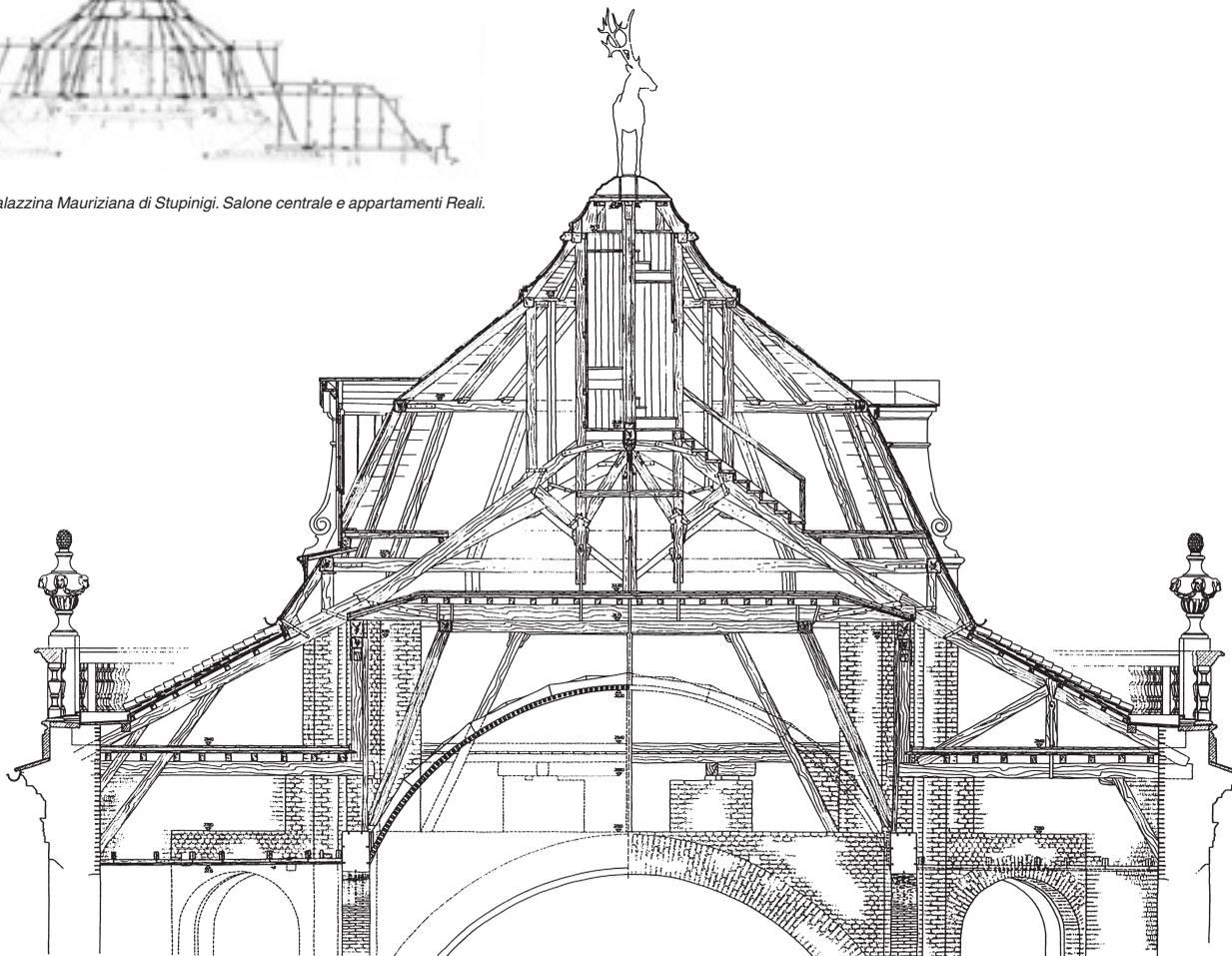


Fig. 28 Stupinigi. Fondazione Palazzina Mauriziana di Stupinigi. Salone centrale e appartamenti Reali. Sezione trasversale della copertura

**A.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI

**B.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI

**C.**  
MATERIALI

**D.**  
CEDIMENTI STRUTTURALI

**E.**  
INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA

**F.**  
NORMATIVE E PROCEDURE

**G.**  
PROGETTO E DIREZIONE LAVORI

**H.**  
APPROCCI METODOLOGICI

**I.**  
INTERVENTI

**Ω.**  
STRUTTURA E GEOMETRIA NELL'ARCHITETTURA STORICA

**G. 1.**  
PROGETTO DI RESTAURO

**G. 1.5.**  
ELABORATI DI PROGETTO

## SCOPERTURE E RESTAURO DELLE DECORAZIONI

Ogni unità minima, dopo la fase di rilievo e diagnostica descritta in altro capitolo, deve essere restaurata nelle sue parti. Obiettivo del restauro è quello di conservare gli spazi antichi. Nel 90% dei casi ogni superficie dei soffitti e delle murature è coperta da più strati di decorazioni sovrapposte, anche se nascoste da molti strati di imbiancatura. È necessario eseguire saggi stratigrafici che mettano in luce strati sovrapposti.

In questa parte vengono illustrati con fotografie molti esempi tratti da esperienze concrete; poi vengono messe a confronto immagini fotografiche a prospettiva centrale di ambienti prima, durante e dopo la scopertura delle decorazioni.

I vari esempi illustrano i risultati diversi che si possono ottenere a seconda delle metodologie di scopertura, del tipo di vernice che nasconde le decorazioni e del tipo di restauro eseguito.

Alcuni esempi illustrano ambienti nei quali la scopertura delle decorazioni ha messo in evidenza un solo strato conservato così bene da poter essere recuperato completamente anche con il risarcimento delle lacune, seguendo i suggerimenti delle parti vicine.

Altri esempi mostrano in evidenza come sotto gli strati di imbiancatura siano stati scoperti vari strati sovrapposti di decorazioni di epoche diverse.

Noi riteniamo che l'atteggiamento più corretto sia quello di mettere in luce lo strato più superficiale, lasciando a vista finestre naturali sugli strati sottostanti aperte dalle vicende edilizie che si sono succedute.

In alcuni casi presentati vengono messi in evidenza anche errori, come le lacune chiare che disturbano molto una visione unitaria e serena dello spazio antico.

Si sottolinea in particolare come la conservazione a vista di vari strati sovrapposti, oppure di diversi tipi di decorazione sulle varie pareti di una stessa stanza, testimoniano di una precedente suddivisione dello stesso spazio in ambienti più piccoli, determini un risultato progettuale del tutto particolare, specialmente se esteso all'intero spazio interno di un edificio.

Viene messa in evidenza anche l'abitudine corrente di cancellare gli strati più superficiali di decorazioni, considerati di minor valore a favore di quelli più antichi, che talvolta devono essere "ridipinti" completamente perché troppo deboli e lacunosi.

Questa sezione del manuale illustra le abitudini correnti che caratterizzano questo settore del restauro.

Una delle più diffuse è costituita dalla imbiancatura delle murature verticali color bianco latte, che contrasta in modo inammissibile con l'apparato decorativo scuro e ricco delle volte e dei solai in legno e con i toni scuri dei pavimenti.

In altri casi dopo la completa spicconatura dei primi strati di decorazioni, considerati troppo recenti e poveri, vengono lasciati a vista lacerti di affresco galleggianti in modo casuale e sgradevole sulle superfici imbiancate.

Molto spesso, come nella maggior parte dei musei recenti e dei restauri più correnti tutte le superfici murarie vengono imbiancate completamente sia che gli intonaci vengano sostituiti sia che vengano conservati.

Molto diffusa risulta anche l'abitudine di spicconare l'intonaco delle volte, sicuramente decorate, per lasciare a vista la trama di mattoni che ne costituiscono la struttura portante.

## ESEMPIO 1



Fig. 1, 2 Planimetria dell'appartamento prima e dopo l'intervento di restauro. L'appartamento è disposto al secondo piano di un palazzo nobiliare originariamente abitato da una sola famiglia. È caratterizzato come in quasi tutti gli altri esempi successivi da grandi ambienti suddivisi col tempo in ambienti

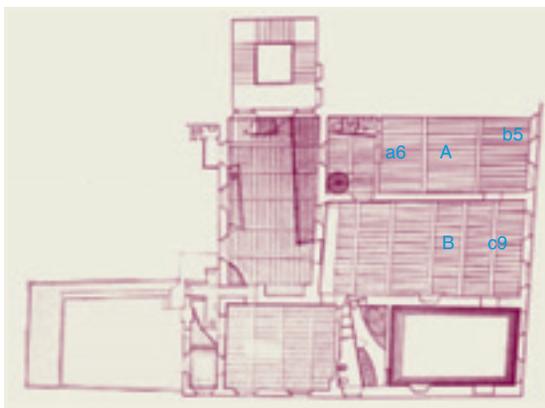


Fig. Ab5 Esemplio di sovrapposizione di due strati di decorazione conservati dal restauro in un'altra stanza dello stesso appartamento. La prassi corrente tende a privilegiare uno solo degli strati, cancellando o coprendo quello ritenuto di minor valore



Fig. Aa3, Aa6 Uno degli ambienti prima e dopo la scopertura delle decorazioni nascoste dalle imbiancature. Sulla sinistra si vedono le lacune causate dalla spicconatura degli intonaci al momento della realizzazione della cucina



Fig. B7 Saggi di scopertura della decorazione esistente sotto strati di imbiancatura dell'ambiente a lato



Fig. Bc8, Bc9 Uno degli ambienti dello stesso appartamento prima e dopo il restauro

ESEMPIO 2

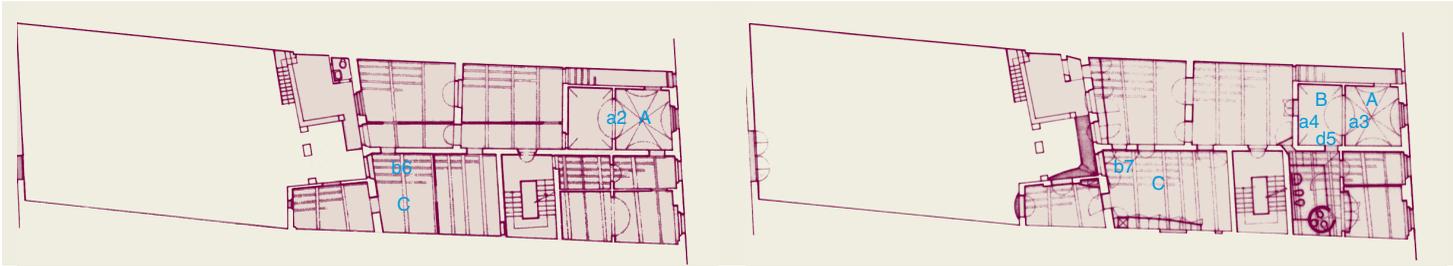


Fig. 1 Planimetria di un appartamento prima e dopo l'intervento di restauro al primo piano di un edificio per appartamenti ristrutturato nell'ottocento. Tutti gli ambienti, suddivisi da tramezzi per ottenere un numero maggiore di stanze e corridoi di disimpegno, sono caratterizzati da soffitti in travi tra-

vicelli e mezzane di modesta qualità a eccezione di due stanze voltate di fattura settecentesca. L'eliminazione delle imbiancature nelle parti più povere ha messo in evidenza decorazioni superficiali molto elementari, riprese parzialmente da maestranze non qualificate



Fig. Aa2, Aa3 L'alcova prima e dopo la scopertura e il restauro delle decorazioni e degli stucchi. Il pavimento ottocentesco in mattonelle di cemento è stato risarcito nelle lacune con materiale riprodotto da una ditta specializzata. La finta tappezzeria sulle pareti appare di epoca posteriore rispetto agli stucchi ottocenteschi



Fig. Bd5 Porta a scomparsa a due ante dipinte come le pareti vicine



Fig. Cb6, Cb7 Dettaglio di una parete di uno degli ambienti più poveri prima e dopo il restauro. La porta in pioppo coperta da vernice marrone è stata riportata a legno ed è stata realizzata una apertura di forma ellittica per ottenere un effetto di trasparenza tra cucina e soggiorno



Fig. Ba4 Dettaglio di un frammento di decorazione che testimonia l'esistenza di un apparato decorativo precedente sottostante allo strato portato in vista

**A.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI TRADIZIONALI

**B.**  
ANATOMIA DEGLI ORGANISMI EDILIZI MODERNI

**C.**  
MATERIALI

**D.**  
CEDIMENTI STRUTTURALI

**E.**  
INDAGINI PRELIMINARI E DIAGNOSTICA

**F.**  
NORMATIVE E PROCEDURE

**G.**  
PROGETTO E DIREZIONE LAVORI

**H.**  
APPROCCI METODOLOGICI

**I.**  
INTERVENTI

**Ω.**  
STRUTTURA E GEOMETRIA NELL'ARCHITETTURA STORICA

**H.4.**  
PROGETTO DI RIUSO

**H.4.2.**  
SCOPERTURE E RESTAURO DELLE DECORAZIONI