



DIPARTIMENTO DI ARTI APPLICATE
CORSO DI DIPLOMA ACCADEMICO DI SECONDO LIVELLO
CICLO UNICO IN RESTAURO

Codice Diploma

PFP1 - Restauro di materiali lapidei e derivati. Superfici decorate dell'architettura.

PROVA TEORICO-METODOLOGICA

STUDIOE IN CANNE PALUSTRI NELL'ARCHITETTURA
E INTERVENTI DI RECUPERO.

Relatore

Prof. Andrea Vigna

Tesi di

Annachiara Sottili

Correlatrice

Prof. Anna Medori

Sessione autunnale

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

Introduzione.....	1
Capitolo 1: Le canne di palude.....	2
1.1 <i>Specie comuni di “canneti”</i>	4
1.2 <i>Ecosistema</i>	6
1.3 <i>Composizione e microstruttura</i>	7
1.4 <i>Uso e tradizioni regionali</i>	9
1.5 <i>Potenzialità costruttive e prestazioni tecniche della canna palustre</i> ..	13
Capitolo 2: La tradizione costruttiva del controsoffitto ligneo in architettura	17
Capitolo 3: Evoluzione tecnologica e funzionale delle stuoie come supporto per l’intonaco nelle costruzioni storiche	26
3.1 <i>Impiego del canniccio nelle controsoffittature di volte e soffitti</i>	28
3.2 <i>Esempi di stuoiate</i>	45
Capitolo 4: Impiego delle stuoie intrecciate nell’ambito della conservazione dei beni culturali	49
4.1 <i>Impiego del canniccio in opere di pregio</i>	49
4.2 <i>Canniccio come supporto mobile per dipinti murali distaccati</i>	53
4.3 <i>Recupero delle tecniche tradizionali nell’arte contemporanea</i>	57
Capitolo 5: Le principali cause di degrado del supporto in incanniccio ..	59
Capitolo 6: Il restauro dei manufatti in canne palustri	66
6.1 <i>Indagini preliminari conoscitive</i>	67
6.2 <i>Intervento di recupero del sistema costruttivo trave-canniccio-intonaco</i>	68

Capitolo 7: Nuovi supporti in alternativa al canniccio come elemento di controsoffittatura	94
Conclusioni.....	96
Bibliografia in ordine alfabetico.....	97
Bibliografia in ordine cronologico	103
Risorse online	109
Ringraziamenti	112

Introduzione

Gli interventi conservativi su dipinti murali con supporto in canniccio rappresentano un tema poco trattato, nonostante l'ampia diffusione di questa tecnica costruttiva nel contesto architettonico italiano. La scarsità di documentazione e studi specifici sul restauro di superfici pittoriche su stuoie intrecciate, rende complessa l'elaborazione di metodologie di recupero mirate, soprattutto nel caso di crolli o distacchi significativi.

Generalmente, durante i restauri, si tende a preferire il ripristino delle lacune con materiali e tecniche diverse, scartando l'opzione di ricostruire con stuoie in canne palustri, principalmente per la mancanza di studi di riferimento, l'impossibilità di reperire cannicci di nuova manifattura e la difficoltà di trovare maestranze capaci di realizzarli.

Un esempio significativo di intervento che ha rivalutato l'impiego del canniccio si può osservare nel restauro del dipinto sul soffitto della chiesa di S. Gaggio a Firenze, nel lavoro eseguito nella mia tesi pratico-laboratoriale. In questo contesto, l'analisi delle lacune e dei potenziali supporti ha portato a optare per l'utilizzo della stuoia intrecciata. Al fine di garantire continuità e coerenza materica, preservando le caratteristiche intrinseche dell'opera originale.

Questo intervento costituisce un contributo al settore del restauro, poiché dimostra che è possibile recuperare con successo superfici dipinte su supporto in canniccio, mantenendo il rispetto per i materiali tradizionali e l'integrità estetica dell'opera.

Capitolo 1: Le canne di palude

Per progettare un intervento conservativo su un supporto naturale come il canniccio, è essenziale comprendere a fondo la materia prima, nei suoi pregi e limiti costitutivi.

Come dice la parola stessa, il canneto di canne di palude (Fig. 1-2), è costituito da piante spontanee che si radicano in aree di palude, in zone retrodunali, lungo corsi d'acqua come fiumi, laghi e canali. Sono vere e proprie comunità vegetali che si diffondono lungo le sponde di acquitrini e di cui si possono contare svariate tipologie vegetali, tra loro molto diverse in base alla profondità d'acqua in cui sono radicate.



Fig. 1-2 “canneto” di canne palustri (fotografie dal web).

Sono piante robuste e frugali appartenenti alla famiglia delle graminacee¹ poiché non possiedono né rami né un fusto legnoso. Le piante sono identificabili da un culmo (fusto) cilindrico caratterizzato da vuoti a intervalli regolari, separati da tratti ingrossati e pieni detti nodi (Fig. 3, 6, 7) o da tratti più sottili detti internodi, i quali sono avvolti dalla base di una foglia che li ricopre come fosse una guaina aderendo alla superficie del culmo (Fig. 4).

¹ Una comunità di circa 8.000 specie di piante erbacee.

Generalmente le foglie sono caratterizzate da una forma lunga, stretta e sono parallelinervie².

Sono specie vegetali che si sviluppano mediante la formazione periodica di getti da un rizoma nodoso sommerso. I getti si trasformano in fusti particolarmente flessibili che possono raggiungere l'altezza di 4 m. Esse hanno la capacità di creare tante infiorescenza³ parziali, chiamate anche spighette (Fig. 5), le quali a loro volta sono formate da gruppi di fiori, che diventano piumosità, spesso di colore rossiccio.



Fig. 3 Nodo delle canne palustri (Remón & Couvreur, 2018).



Fig. 4 Attaccamento delle foglie al culmo (foto dal web).



Fig. 5 Spighette o infiorescenze (foto dal web).

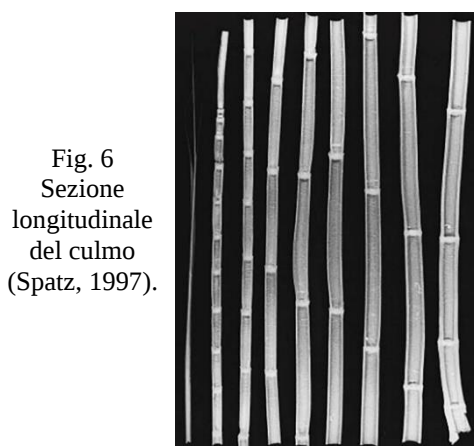


Fig. 6
Sezione
longitudinale
del culmo
(Spatz, 1997).



Fig. 7
Sezione
longitudinale
del rizoma
(Speck & Spatz, 2003).

² Ovvero con nervature longitudinali parallele tra loro.

³ Un sistema o aggruppamento di rami che portano fiori; a seconda del tipo di ramificazione, si distinguono: i. racemose, quando sono caratterizzate da crescita indefinita per allungamento dell'asse principale, e i. cimose, quando ogni ramo presenta crescita limitata e termina con un fiore.

Sono piante altamente invasive, la loro fecondazione avviene con il trasporto del vento, vedi l'esempio degli ambienti rurali sud californiani o del Texas negli Stati Uniti, in cui la specie graminacea *Arundo Donax* fu introdotta in Nord America nel XIX secolo come materiale per la costruzione di tetti e come agente di controllo dell'erosione nei canali di drenaggio.

L'uomo la introdusse per consolidare le sponde dei fiumi ma involontariamente l'azione antropica ha causato la frammentazione dei rizomi che ha comportato la diffusione abbondante di questa pianta che adesso caratterizzano i paesaggi di questi luoghi, nonostante la loro origine non sia autoctona.

1.1 Specie comuni di “canneti”

La cannuccia palustre, nominata *Phragmites australis* (Fig. 8-9), dal greco *phragma* ovvero siepe, è piccola e sottile. È una pianta erbacea perenne che presenta fusti duri e flessibili, nodosi, non ramificati, alti fino a 3-4 metri. Si sviluppa in densi canneti in prossimità di paludi e aree umide, sulle sponde di laghi, stagni, fossati e in terreni incolti bagnati; a differenza di altre varietà essa tollera un moderato livello di salinità.

Le principali minacce di questa pianta sono rappresentate dalla siccità dei mesi estivi o dal rapido innalzamento del livello idrico e conseguente immersione periodica delle rive acquitrinose ⁴. È stata utilizzata fin

⁴ Nel primo caso, l'apparato radicale sopravvive finché gli strati più superficiali di terreno rimangono sufficientemente saturi di umidità, per poi passare ad uno stadio di latenza nei periodi più siccitosi dell'anno che, alle nostre latitudini, coincidono solitamente con i mesi tardo-primaverili ed estivi; solamente al ritorno delle piogge il rizoma riprende la normale attività metabolica, ma visto che nel nostro paese l'aumento di umidità coincide abitualmente con i mesi autunnali, si deve attendere fino alla primavera successiva per assistere alla rinascita di nuovi fusti verdeggianti.

Durante alcuni periodi di pioggia straordinaria si può verificare il fenomeno opposto, per il quale intere porzioni di canneto immerse nell'acqua alta possono letteralmente “affogare” e, pian piano, deperire se non interviene prontamente il naturale processo di abbassamento del livello idrico a riportare l'umidità ai giusti livelli.

dall'antichità per costruire capanne e coperture, come ad esempio i tetti delle malghe della Lessinia realizzati con fasci di cannuccia intrecciati e legati ai travi di legno.

Un'importante prodotto derivato dal taglio della *Phragmites* erano le àrele, una sorta di supporto su cui veniva fissata la malta di calce. La "tessitura" delle àrele per soffitti ed intercapedini veniva fatta direttamente nelle zone di raccolta e poi si provvedeva alla vendita attraverso una rete di grossisti.



Fig. 8 Foto *Phragmites australis* (foto dal web).



Fig. 9 *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., 1840.

Un'altra tra le tipologie di canne più comuni è la specie *Arundo donax* (Fig. 10-11), dal latino *harundo* ovvero canna, ed è la più robusta delle canne nostrane. La sua origine probabilmente è da ricercare nell'Asia centrale o meridionale, in antichità essa fu introdotta nel nostro paese diventando una specie naturalizzata e/o invasiva. Essa è una pianta erbacea perenne graminoide e sempreverde, riconoscibile per l'attaccamento delle foglie al culmo con due vistose auricole amplessicauli (avvolgenti il fusto), spesso di colore giallastro, la cui disposizione è alternata tipica di questa specie. Non è resistente come la canna di bambù, ma è stata coltivata ed utilizzata per secoli

con diversi impieghi, per le costruzioni, per l'agricoltura, per la scrittura e per la realizzazione di strumenti musicali.



Fig. 10 *Arundo Donax* (foto dal web).



Fig. 11 *Arundo Donax*
(Cav.) Trin. ex Steud., 1840.

1.2 *Ecosistema*

Le canne di paludi in genere si sviluppano in zone umide con presenza d'acqua, ma crescono spontaneamente anche a livello del mare e ad elevate altitudini (sino ai 1200 metri), sapendo adattarsi ad altezze d'acqua variabile e alla presenza sia d'acque dolci che con una percentuale bassa di salinità. Esse sono di fondamentale importanza per l'habitat in cui crescono, per la regolazione dell'ecosistema circostante. La crescita delle canne palustri negli ambienti umidi contribuisce alla biodiversità e al consolidarsi di un habitat accogliente per altre forme di vita⁵.

⁵ M. Toni, *Un materiale e il suo ambiente: utilizzo della canna palustre nelle costruzioni*, Alinea editrice, Vicenza 2012, pp.7, 8.

La loro presenza è molto utile per il risanamento o la decontaminazione ambientale di siti inquinati da sostanze organiche o metalli pesanti, attraverso il loro assorbimento e degradazione, motivo per cui viene spesso utilizzata negli impianti di fitodepurazione.

1.3 Composizione e microstruttura ⁶

Le canne palustri sono costituite da un tessuto fibroso composto da cellule tubolari orientate nella direzione longitudinale della pianta (Fig. 12), punteggiata da pacchetti vascolari attraverso i quali circolano le sostanze nutritive. Le microfibre in cellulosa formano una rete che è inglobata in una matrice costituita da emicellulosa e lignina. La cellulosa fornisce resistenza alla trazione mentre la matrice fornisce coesione tra le microfibre e resistenza alla compressione, e sforzo al taglio.

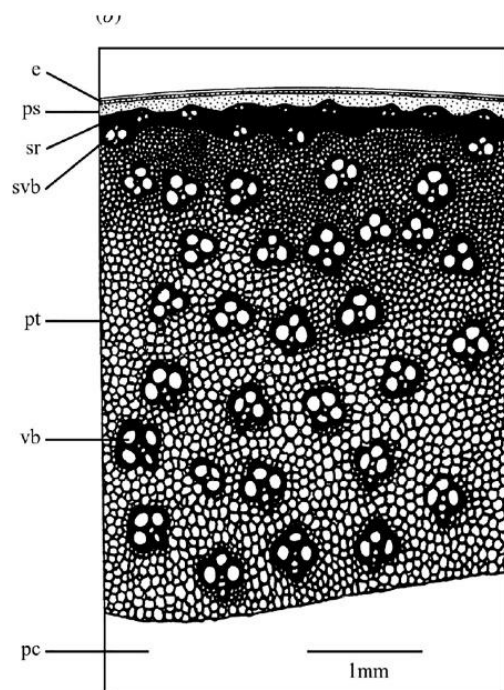


Fig. 12 Sezione trasversale di un frammento di canna: uno steroma ipodermico costituito da un anello di fibre sclerenchimosi (sr) con piccoli fasci vascolari (svb), comprendente anche l'epidermide (e) con cuticola e il sottile strato di tessuto fotosintetico (ps); lo spesso strato interno di tessuto parenchimatoso (pt) con pareti cellulari significativamente lignificate, comprendente numerosi fasci vascolari (vb) con guaine sclerenchimosi; cavità midollare (pc).

Fotografia tratta da Spatz, 1997.

⁶ A. Buzo Remón, L. Couvreur, *Construir con caña. Estudio del uso de la caña en la arquitectura tradicional y de su recuperación para la construcción contemporánea*, 2018, pp. 29-34.
<https://www.calameo.com/books/0000753353002d71f89fe> (novembre 2024)

Rispetto al resto delle erbe palustri, la quantità di lignina è maggiore e si concentra prevalentemente nei nodi della pianta, un fattore che conferisce la caratteristiche di rigidità.

Durante il processo di essiccamento delle canna la lignina aumenta notevolmente comportando un aumento di densità⁷, durezza⁸ e resistenza (Fig. 13).

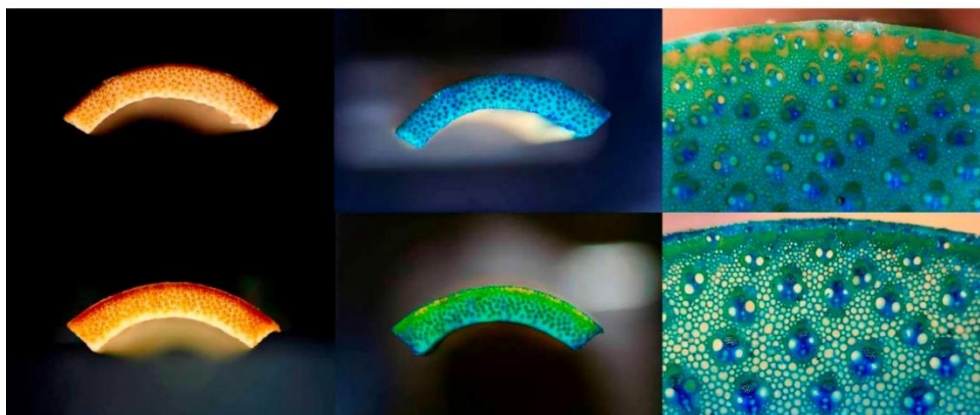


Fig. 13 Confronto tra un campione di canna meno densa (in alto) e uno più denso (in basso). Il colorante blu rivela la presenza di cellulosa e il verde indica la lignina.

Più densa è la canna, più fasci vascolari e lignina contiene.

Fotografia e realizzazione: Jean-Marie Heinrich. (Tratta da Remón & Couvreur, 2018).

L'aspetto esterno della canna si presenta lucido e liscio, la molecola che conferisce questo strato è la cutina, che impermeabilizza parzialmente e protegge il culmo della pianta.

Le canne palustri hanno un comportamento anisotropo che può variare a seconda di molti fattori, tra cui il terreno di crescita, il clima circostante, il processo di stagionatura etc.

⁷ La densità della canna può variare tra la sua base e la sua punta e dipende anche dall'età e dal livello di stagionatura della canna tagliata.

⁸ Tra i materiali da costruzione, la canna ha una durezza medio alto, poiché il valore misurato è 2,76 HB.

Sono materiali vegetali che facilmente compiono azioni d'assorbimento e desorbimento d'acqua. La parte interna della canna è più porosa rispetto alla pellicola esterna, una caratteristica che permette di bagnare bene e ammorbidire la canna con acqua conferendo maggiore flessibilità. La canna di palude ha la straordinaria capacità di mantenere la memoria di forma: quando si asciuga si ritrae, e quando si reidrata recupera la forma originaria.

1.4 Uso e tradizioni regionali

Nella nostra penisola le specie vegetali della famiglia delle graminacee sono state molto diffuse e anche oggi caratterizzano paesaggi lacustri come la costa sul lato dell'Adriatico, le sponde del delta del Po (Fig. 14), il litorale della Maremma (Fig. 15), aree della Pianura Padana, siti lacustri in Sardegna come Oristano, ed aree lacustri diffuse nel territorio.



Fig. 14 Sponde del delta del Po
(foto dal web).



Fig. 15 Litorale della Maremma
(foto dal web).

In passato l'uso e l'approvvigionamento di questo materiale naturale era molto praticato, per l'economicità e il facile recupero, attualmente però la situazione è cambiata poiché nel nostro territorio queste piante sono praticamente scomparse. Le cause principali sono legate alla subsidenza⁹ o

⁹ Fenomeno naturale e talvolta antropico, causato dalla risalita delle acque marine nei fiumi o infiltrazioni delle falde acquifere, genera un aumento della percentuale salmastra delle acque, incompatibile con lo sviluppo dei canneti.

l'eliminazione di ampie distese di canneti in seguito a operazioni di bonifica di aree paludose per renderle coltivabili. In passato nelle zone palustri, le canne hanno rappresentato un materiale fondamentale per svolgere funzioni quotidiane e per lo sviluppo sociale, economico e manifatturiero di chi vi abitava. L'uso comune delle canne palustri era associato a molti aspetti della vita quotidiana dell'uomo, come la realizzazione di manufatti intrecciati usati per ceste e reti per pescare o anche la formazioni di trecce ed arelle¹⁰ impiegate per molteplici destinazioni. Gli impieghi tradizionali più comuni sono ad esempio la realizzazione di incannucciati per sottotetti e rivestimenti esterni, o di pacchetti per l'isolamento termico delle murature, la costruzione di piccoli recinti, come frangivento e tutori per orti, e la produzione artigianale di oggetti come cesti.

Le infiorescenze venivano, un tempo, impiegate per fabbricare scope. È conosciuta come pianta ad azione diaforetica (l'infuso delle foglie è impiegato nella medicina popolare come sudorifero).

L'uso di questo materiale è individuato tra i primordiali manufatti in materiali vegetali, sono documentate nelle prime architetture realizzate dall'uomo nel paleolitico superiore. Un utilizzo diffuso del legno continuò fino al Medioevo, un'era in cui, tra l'XI e il XIII secolo, l'edilizia iniziò a mutare. In quel periodo, la pietra divenne uno dei materiali più usati, anche se il legno continuò ad essere impiegato, soprattutto per costruzioni più modeste.

¹⁰ “Il termine arellata indica pareti leggere o tramezzi con funzione di rivestimento o di ripartizione dei locali. Formata da arelle inchiodate a regoli di legno, legate e ricoperte di gesso da uno o entrambi i lati, Marinelli e Scarpellini non escludono che l'arellata intonacata solo da un lato fosse impiegata anche come controsoffitto, appesa al solaio sovrastante. Spinelli descrive vari tipi di arellate, in base alle modalità costruttive, riportando per ogni tipo i prezzi comprensivi di materiali e manodopera.” (B. Brunetti, , *I plafoni lignei dei teatri storici in Emilia. Materiali, tecniche costruttive, elementi di vulnerabilità*, Tesi di Dottorato in Architettura, relatore A. Ugolini, Università di Bologna, 2016, p.136.)

La maggior parte delle costruzioni mantennero la loro arretratezza, in particolare gli edifici rurali come i ripari per pescatori, contadini, pastori, che erano e sono talvolta ancora realizzati con materiale palustre.

Con il Rinascimento si interrompono i legami con la cultura costruttiva che era legata al proprio ambiente di vita, con un progressivo abbandono di tradizioni, provocato anche da un'evoluzione della società, alle bonifiche dei terreni palustri e alla demolizione di edifici in materiali vegetali, per liberarsi della fatica del mantenimento di queste costruzioni, che richiedevano forze e accorgimenti periodici.

Guardando al nord, passando dal delta del Po, tra le acque del Piave e Tagliamento, sono tipici i casoni da pesca¹¹, ancora presenti, famosi sono i casoni friulani di Grado (Fig. 16). Altrettanti sono gli esempi di materiale palustre in Sardegna, in particolare attorno alla zona di Oristano, dove si trova un'elevata presenza di zone umide in cui la crescita delle canne è rigogliosa. Nello stagno di Cabras (Fig. 17) e nella laguna di Mistras, in cui la pesca di anguille e muggini è prevalente, tale pratica avveniva tradizionalmente con delle chiuse realizzate in canne palustri, chiamate *sa cannizzadas*.



Fig. 16 Casoni da pesca a Grado.



Fig. 17 Stagno di Cabras.

Nella zona di Campidano le case tradizionali richiedevano la lavorazione della canna palustre, creando i *cannizzata* (Fig. 18-19) o strutture intrecciate

¹¹ Rivestiti completamente da canne palustri e senza parti in muratura, inclinate fino a terra per garantire un involucro protettivo resistente agli agenti atmosferici.

chiamate *orriu*, usati per le coperture¹². Una pratica d'intreccio antica che in altre regioni viene anche chiamata *canniccio* (o *incannicciato*), permetteva di creare superfici di canne di palude intrecciate con varie orditure, in base alla funzione che dovevano svolgere.



Fig. 18 *Cannizzata* con canne accostate per coperture. (fotografia tratta da Toni, 2012, p. 76.)



Fig. 19 *Cannizzata* con canne intrecciate per coperture. (fotografia tratta da Toni, 2012, p. 76.)

Il *canniccio* poteva essere una stuoia di canne usata per stendervi a seccare frutta¹³ o allevarvi bachi da seta¹⁴, oppure da cannaio, *cannata*, *graticcio*, cioè una struttura di canne usata per riparo; dal *cannicciato* derivano i termini *canniciata*, *incannucciata*, *incannucciatura*.

Termini utilizzati oggi per indicare una specifica tipologia di supporto, realizzata in canne palustri intrecciate, utilizzata per realizzare dei soffitti leggeri. La tecnica di riferimento dei soffitti leggeri, e certamente una delle più diffuse, è quella dell'*incannucciato*: fusti di canne di palude costituiscono una superficie sufficientemente rigida per costituire un supporto stabile per l'intonaco. Le canne possono essere disposte parallelamente una accanto all'altra, e legate con fibre vegetali o, più tardi, fil di ferro, oppure schiacciate e intrecciate a formare un ordito, oppure ancora disposte a strati successivi

¹² <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/baraccas-esempi-canna-187> (ottobre 2024)

¹³ <https://www.wikicesteria.it/essiccatoio/> (ottobre 2024)

¹⁴ G. B. Castellani, *Dell'allevamento dei bachi da seta in Cina. Fatto ed osservato sui luoghi*, Tipografia Barbera, Bianchi e C., Firenze, 1860.

perpendicolari tra loro per ottenere un supporto più rigido: quest'ultimo, connesso, con chiodi a testa larga, direttamente ai travicelli della travatura del solaio o appeso a questi tramite un'orditura secondaria di cantinelle o correntini o panconcelli, funge da rivestimento intradossale che si presta ad essere intonacato. Sovente le canne palustri, nelle regioni in cui era difficoltoso il loro approvvigionamento, erano sostituite dagli archetti, rami o tronchetti spaccati a metà e inchiodati parallelamente a distanza di qualche centimetro.

1.5 Potenzialità costruttive e prestazioni tecniche della canna palustre

La canna lacustre è un materiale naturale, non omogeneo, fibroso e anisotropo. La scelta di utilizzare questo materiale è stata dettata, l'impermeabilità, la resistenza meccanica, la versatilità e la reperibilità.

Il periodo di raccolta (Fig. 20) seguiva l'andamento delle fasi lunari e avveniva tra gennaio e febbraio, quando l'attività fisiologica della canna è al minimo e prima della ripresa vegetativa, quando la canna palustre è completamente sviluppata. Con la luna calante, la linfa¹⁵ affluisce con minore intensità all'interno della pianta e questo favorisce una migliore stagionatura dei materiali e, di conseguenza, un incremento della durata nel tempo dei prodotti che con essa verranno realizzati, data l'elevata percentuale di tannino.

¹⁵ Fonte di nutrimento per funghi e insetti. Minore è il suo contenuto nella canna e maggiore sarà la sua resistenza e durabilità.



Fig. 20 Racconta delle canne palustri nel canneto a Rivalta del Minicio.

Riguardo le caratteristiche termoigrometriche di questa pianta sappiamo che possiede capacità ad alto isolamento termico, oggi sfruttato nella bioedilizia per realizzare pannelli termoisolanti.

CARATTERISTICHE TECNICHE ISOLANTI DELLE CANNE PALUSTRI	
Densità	130 ÷ 190 kg/m ³
Conduttività termica	0,045 ÷ 0,056 W/mK
Conduttività termica specifica	1.300 J/kgK
Coefficiente di accumulo di calore	247 kJ/m ³ K
Coefficiente di conduzione termica	8,02 E-04 m ² /h
Resistenza alla diffusione di vapore acqueo	2 ÷ 4
Classe di infiammabilità	2 o B2

Caratteristica sfruttata in passato per il contenimento del calore delle abitazioni mediante l'abbassamento del soffitto con la realizzazione delle

controsoffittature¹⁶. Al contrario di molti altri isolanti, è un materiale biodegradabile che in presenza di elevate percentuali d'umidità può deteriorarsi perdendo le proprie capacità meccaniche. Le canne non assorbono l'acqua ma al contempo permettono la condensazione di un film di particelle d'acqua che è deleteria per la conservazione delle murature, garantendo però la traspirabilità naturale degli intonaci adesi. Comportamenti della canna palustre all'acqua che sono stati studiati attraverso dei test per determinare l'assorbimento d'acqua per immersione parziale e della resistenza al vapore acqueo (secondo le Norme UNI EN 12087 e UNI EN 12086)¹⁷.

È un materiale versatile e con una notevole adattabilità, garantita dalle sue capacità di flessibilità che si può utilizzare anche per rivestire superficie curvilinee. Tale capacità è stata verificata mediante test di proprietà di flessione valutando il comportamento delle canne in base al contenuto d'acqua residua nelle sue fibre¹⁸, dati riportati nell'articolo scientifico redatto da P. Conte, V. Fiore e A. Valenza in *Structural and Mechanical Modification Induced by Water Content in Giant Wild Reed (A. donax L.)*; lo studio analizza gli aspetti legati al comportamento meccanico della canna palustre

¹⁶ Ai tempi dei romani il controsoffitto permetteva inoltre di ridurre i volumi interni a tutto vantaggio del riscaldamento degli ambienti, espediente molto usato per abbassare i soffitti troppo alti dei cubicoli che si presentavano normalmente di dimensioni ridottissime rispetto alla media degli altri ambienti della domus romana; ancora, in alcune circostanze, come nel caso degli immobili di affitto dei secoli XVII e XVIII, per utilizzare al massimo il volume della costruzione con il minimo dispendio economico si costruiva il solaio rustico cui si aggiungeva un controsoffitto piano incannucciato.

Anche nelle costruzioni minori, come i fabbricati residenziali o semplicemente rurali, il controsoffitto ha assunto compiti importanti: come isolante acustico esso era previsto sia per le strutture di copertura sia per i solai di interpiano al fine di migliorare l'abitabilità degli ambienti sottostanti.

¹⁷ Toni, 2012, pp. 91-93.

¹⁸ P. Conte, V. Fiore e A. Valenza in *Structural and Mechanical Modification Induced by Water Content in Giant Wild Reed (A. donax L.)*, ACS OMEGA, 2019.

https://iris.unipa.it/retrieve/e3ad891e-937d-da0e-e053-3705fe0a2b96/2018_Structural%20and%20Mechanical%20Modification%20Induced%20by%20Water%20Content%20in%20Giant%20Wild%20Reed%20%28A.%20donax%20L.%29.pdf (novembre 2024)

Arundo Donax. Sono state applicate diverse tecniche analitiche (come la calorimetria e la relaxometria NMR a ciclo rapido sul campo) e sono stati condotti test di flessibilità (prove di rilassamento dello stress, su campioni di canna fresca, essiccata e ri-umidificata con soluzioni di glucosio e benzene alchilato pesante), che hanno rivelato le proprietà di flessione delle canne¹⁹, fortemente influenzate dalla presenza di acqua contenuta. Si evidenzia che con l'aumento dell'umidità, la canna tende a diventare più flessibile grazie alla capacità della lignina (uno dei principali componenti strutturali) di assorbire e rilasciare acqua²⁰. È stato evidenziato un progressivo miglioramento delle caratteristiche di flessione con l'aumentare dell'essiccazione della pianta, mentre quelle trattate con soluzioni di glucosio presentano un comportamento più viscoso. Oltre alla resistenza alla flessione è stata esaminata anche la resistenza alla compressione influenzata dall'umidità. Si è constatato che man mano che le canne assorbono acqua diventano più flessibili e meno resistenti a compressione a causa della modificazione della microstruttura del materiale. Un altro studio ha esplorato le proprietà biomeccaniche della canna gigante (*Arundo donax*), analizzando in particolare la sua struttura e il comportamento meccanico in relazione alla flessibilità e alla resistenza²¹ (Fig. 21). Viene descritto il comportamento elastico e plastico del materiale e come la sua struttura, composta principalmente da fasci di fibre lignocellulosiche, contribuisca alla sua notevole robustezza e flessibilità. In particolare, si evidenzia come la disposizione delle fibre nella pianta giochi un ruolo fondamentale nel conferire alla canna una combinazione di

¹⁹ Paramento che può esser valutato attraverso i procedimenti di raccolta e trattamento d'essiccamento preliminare delle canne, che hanno rivelato un'ampia gamma di differenze di plasticità che può essere modulata in base al trattamento termico dei materiali vegetali.

²⁰ Nel dettaglio, il lavoro discute la relazione tra l'acqua e la struttura microfibrillare della canna, dimostrando che l'acqua agisce come plastificante, rendendo la pianta più flessibile e meno soggetta a rotture quando è bagnata rispetto a quando è secca.

²¹ H. Ch. Spatz, H. Beismann, F. Brüchert, A. Emanns. *Biomechanics of Giant Reed Arundo Donax*. The Royal Society, 1997.

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.1997.0001> (novembre 2024)

leggerezza e resistenza, rendendola ideale per un'ampia gamma di utilizzi, sia in natura che in costruzioni.

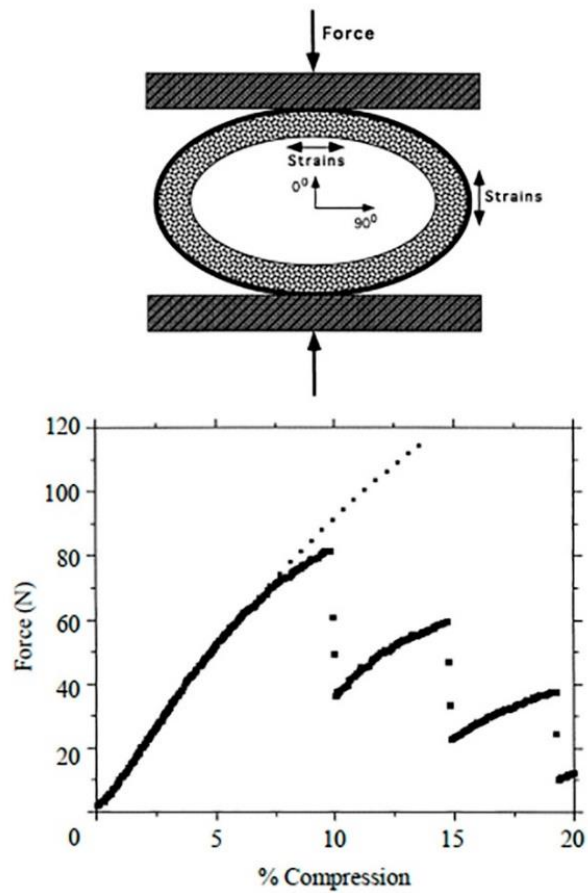


Fig. 21 Metodo utilizzato per determinare i moduli di Young nella direzione tangenziale e la relazione tra la forza applicata e il grado di deformazione di un segmento di un internodo di *Arundo donax*.

Fotografia tratta da Spatz, 1997.

Capitolo 2: La tradizione costruttiva del controsoffitto ligneo in architettura

Il sistema di copertura dei soffitti nei secoli ha assunto una svariata gamma di declinazioni legata a motivazioni di carattere formale e funzionale, correlate al luogo e al periodo storico di realizzazione. Dal punto di vista funzionale è un sistema versatile capace di adattarsi alle caratteristiche dello spazio da coprire: per superfici voltate (volte centinate o soffitti a curvatura ridotta detti plafoni) e per superfici piane. Un'evoluzione tecnologica costruttiva che è stata affrontata e approfondita nei manuali e trattati d'architettura e ingegneria, attraverso l'analisi storica e tecnica, a partire da Vitruvio, proseguendo nel XIV secolo con trattati classici di Serlio, Scamozzi, fino a giungere alla manualistica tascabile del XIX secolo con Cantalupi e Curioni²².

Quest'evoluzione storica è stata riassunta principalmente in due scritti: E. Quagliarini, M. D'Orazio, *Recupero e conservazione di volte in "camorcanna". Dalla "regola d'arte" alle tecniche di intervento*, Editrice Alinea, Firenze 2005 e la Tesi di Dottorato in Architettura di B. Brunetti, *I plafoni lignei dei teatri storici in Emilia. Materiali, tecniche costruttive, elementi di vulnerabilità*, 2016²³. In entrambi i casi, partendo dai trattati classici, l'argomento dei sistemi di controsoffittatura nelle loro diverse conformazioni e funzioni sono stati ampiamente analizzati, evidenziando metodiche di realizzazione.

Fin dall'antichità il legno è stato il materiale ampiamente adoperato per costruire strutture abitative e religiose. Una materia prima impiegata nell'architettura romana e greca, con il quale venivano creati articolati soffitti

²² Brunetti, 2016, p. 75.

²³ Ivi *passim*.

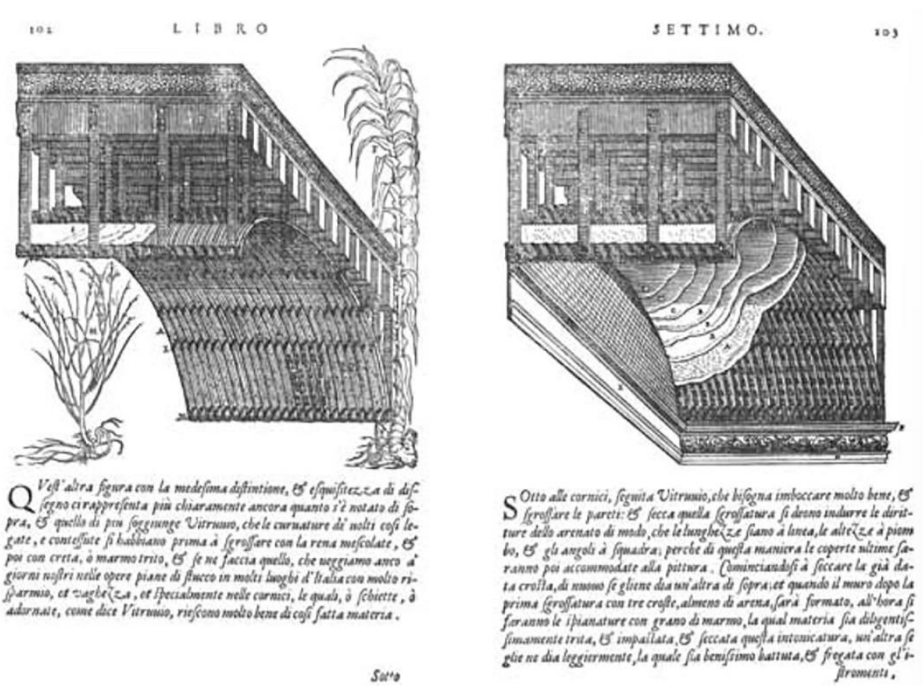
cassettonati in legno modanato, conosciuti come soffitti lacunari ²⁴. Strutture che raggiungono il loro apice con il Rinascimento e il Barocco. Nel Medioevo i soffitti si presentano con una disposizione più semplice ma la particolarità è la decorazione dipinta. Dal punto di vista strutturale i cassettoni consentono di alleggerire il peso della volta, rendendo possibile la realizzazione di ampi soffitti e volte. Con lo stesso principio di alleggerire il soffitto, viene sviluppato il sistema costruttivo della controsoffittatura, realizzato in legno per ricoprire volte o i soffitti di edifici sacri, palazzi nobiliari e teatri. La controsoffittatura aveva due funzioni principali: proteggere le travi dal rischio di incendio e migliorare l'isolamento termico, offrendo talvolta anche un migliore isolamento acustico. Un'altra tecnica costruttiva economica ed efficiente, utilizzata per i controsoffitti, prevedeva l'uso di stuoie come rivestimento. Su queste stuoie veniva poi applicato uno strato di intonaco, che poteva essere dipinto per decorare il soffitto. La pratica della controsoffittatura fu notevolmente apprezzata nel XIX secolo poiché i gusti del tempo gradivano maggiormente superfici lisce da decorare riccamente con dipinti e stucchi, piuttosto che l'orditura lignea *“la cui vista era ritenuta ignobile”* ²⁵.

Come già affermato, l'uso della canna palustre come materiale da costruzione nasce dalla sua abbondante presenza nei territori umidi, gli abitanti di queste aree hanno iniziato a sfruttarla per costruzioni architettoniche, e nel tempo il

²⁴ In epoca romana il solai erano formati da travi principali che sostenevano un tavolato sul quale era poggiato il pavimento che, a sua volta, poteva essere formato da un tavolato. Il tipo più semplice era detto contabulatio, con le travi portanti disposte in un'unica direzione, mentre per abitazioni di prestigio erano applicati solaio a cassettoni chiamati lacunares. Dal punto di vista strutturale i cassettoni consentono di alleggerire il peso della volta, rendendo possibile la realizzazione di ampi soffitti e volte che, altrimenti, in assenza di lacunari, crollerebbero sotto il loro stesso peso o per modesti carichi accidentali. Dal punto di vista estetico, il disegno complessivo dei lacunari crea sovente l'impressione che la struttura sia percorsa da travi interconnesse che scorrono lungo tutto il soffitto (lateralmente e longitudinalmente), incrociandosi, il che conferisce assieme l'idea di eleganza e di robustezza del manufatto.

²⁵ J. N. L. Durand, E. D'Alfonso (a cura di), *Lezioni di architettura*, CittàStudi editore, Milano 1986.

suo utilizzo si è evoluto, valorizzando le proprietà della pianta per applicazioni sempre più efficaci in ambito architettonico. Una delle prime testimonianze di tecniche di controsoffittatura è stata rilevata nel volume *De Architectura* (35 a.C.-25 a.C.) di Marco Vitruvio Pollione (80 a.C.-15 a.C.) in cui si descrivono i sistemi leggeri di controsoffittatura per le finte volte²⁶ costituiti da *travicelli di legno* (Fig. 22).



²⁶ "Disposti i travicelli di legno³⁸ in parallelo alla distanza massima di due piedi uno dall'altro (circa 60 cm),³⁹ bisognava fissarli al solaio o al tetto con una fitta chiodatura. Successivamente, si legavano a essi, per mezzo di corde di sparto di Spagna e zeppe di legno, le canne greche schiacciate. Immediatamente dopo, bisognava applicare al di sopra della camera così ottenuta, malta di calce e arena per trattenere le eventuali infiltrazioni del solaio o del tetto. In mancanza di una quantità sufficiente di canne greche, si poteva ricorrere alle cannuce di palude⁴⁰ e strami uniti con corde poste a una distanza non superiore ai due piedi. Tra la volta ed il solaio era opportuno lasciare uno spazio libero per la circolazione dell'aria al fine di difendere i legnami delle travi dall'umidità. Infine si intonacava l'intradosso del supporto ottenuto con un primo strato di rinzaffo, un secondo di arriccio e l'ultimo di creta o marmo." (Brunetti, 2016, pp. 93-94).

In seguito, anche Leon Battista Alberti (1404-1472) nel suo trattato *De Re ædificatoria*, affrontò l'argomento riconoscendo nella materia prima di questi sistemi un materiale economico ed efficiente²⁷, due fattori che hanno incentivato nei secoli la scelta delle canne palustri.

Un notevole passo avanti viene proposto dalle informazioni fornite da Vincenzo Scamozzi (1548-1616) nel XVII secolo, nel suo trattato *L'idea della Architettura Universale* (1615), in cui propone di realizzare volte leggere in camorcanna per chiese e palazzi nobiliari come usavano fare gli antichi²⁸. Facendo riferimento anche a varianti tecnico-materiche, oltre a canne palustri si poteva far uso di vinchi e listelli di legno intrecciati (Fig. 23).

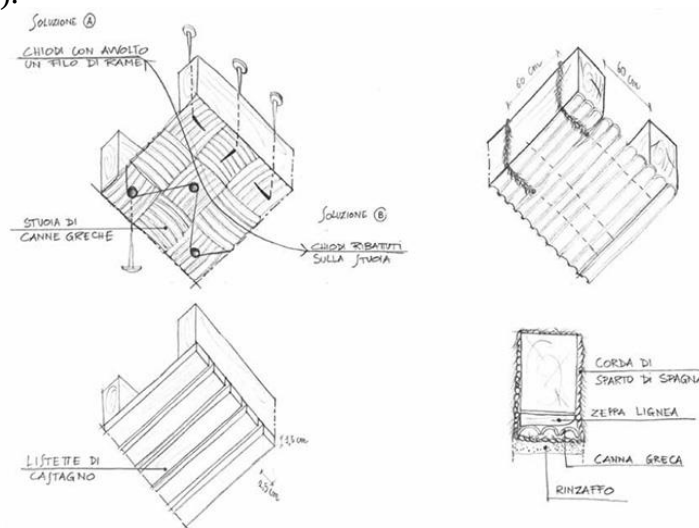


Fig. 23
Ricostruzione
grafica dei
controsoffitti in
canna eseguita da
Barbara Brunetti
(p. 98).
Secondo le
descrizioni di
Scamozzi (a
sinistra) e Vitruvio
(a destra).

²⁷ “Nei tetti di legno, al posto delle assi si stendano tavolette di terracotta, assicurate con gesso, sui travicelli correnti; su tali tavolette si collochino embrici piani fermandoli con la calce. Il lavoro riuscirà ben protetto dagl’incendi e assai confortevole per le persone. Inoltre richiederà una spesa ancora minore se sotto le tegole invece che tavolette in cotto si distenderà una incannucciata, assicurata con calce.” (L. B. Alberti, *L’Architettura*, vol. II, Il Polifilo editore, Milano 1966, pp. 253-254).

²⁸ “Le volte di qualunque sorte di canne durano lunghissimo tempo: ma specialmente e canne greche, cioè grosse, e polpose, e di color verdiccio, delle quali se ne servirono gli Antichi, come dice Vitruvio, e Plinio, e erano molto abbondanti in Egitto e in Asia; e perché la natura della canna è molto temperata tra il caldo e il freddo, e di gran nervo, e forza nella superficie; [...] e perciò quando le volte sono ben custodite, e dall’umidità, e dalle acque che le possono marcire, durano lunghissimo tempo, e ci sono ritrovate volte fatte di questa materia di qualche centinaia d’anni. Il costo loro è condecante; poiché mille canne costano dieci libbre delle nostre”. (V. Scamozzi, *L’idea della Architettura Universale* [...], Per Giorgio Valentino, Venezia 1693, p. 327.)

Nel corso del tempo le tecniche costruttive si sono sviluppate e diversificate. Tra la fine del XVIII secolo e l'inizio del XIX secolo, queste differenze sono state specificate e dettagliatamente descritte nei manuali, accompagnate da illustrazioni minuziose che forniscono informazioni visive utili per applicazioni pratiche. Dei soffitti incannucciati ne parla Francesco Milizia (1725-1798) nel suo volume *Principi di Architettura Civile* (1781), definendoli soffitti intelaiati²⁹ (Fig. 24), ma soprattutto Giuseppe Valadier che fece emergere ulteriori dettagli costruttivi in un apposito paragrafo dedicato alle volte in camera-canna³⁰ nel suo manuale *L'Architettura Pratica*

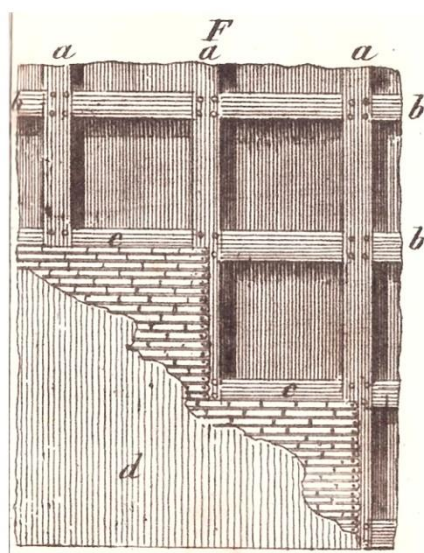


Fig. 24 Illustrazione di F. Milizia, 1853, Parte III Tav. III F
(a Travicelli verticali, b Travicelli orizzontali, c Ordine di canne, d Intonaco).

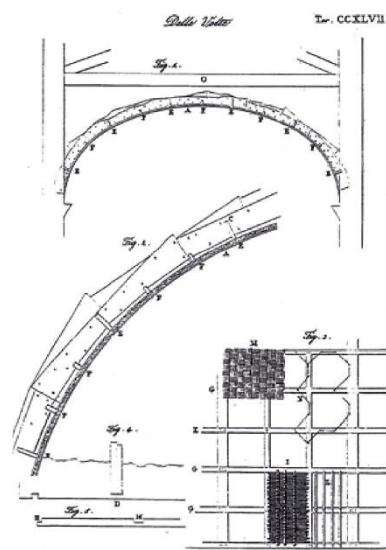


Fig. 25 La volta incannucciata dell'illustrazione di Valadier da *L'Architettura Pratica*, vol. IV, Tav. CCXL-VII).

²⁹ "...si compongono di travicelli verticali e orizzontali e i voti di riempiono di muratura. Questi sono deboli, esposti agl'incendi, e soggetti a fendersi negli intonaci. Tuttavia, hanno il loro buon uso dove si possono alzar muri veri servendo per tramezzi e per coprire qualche irregolarità degli appartamenti che sono fuori di squadra." (F. Milizia, *Principi di Architettura Civile*, Serafino Majocchi Libraio-Editore, Milano 1853, p. 471).

³⁰ "[...] Ed alle quali centine principali, ben murate ne' muri, si attaccano le altre traverse di regoli a poca distanza; su questi poi si tessono con vinchi, ovvero vi si fermano con chiodi e filo di rame da un chiodo all'altro, le stuoie tessute a bella posta di canne spaccate, sulle quali si attacca il gesso, ed anche calce fina impastata con arena e pozzolana, tanto di sopra che di sotto, e si dà al lavoro quel garbo e forma che si vuole." (G. Valadier, *L'architettura pratica*, vol. IV, Sapere 2000 Edizioni Multimediali, Roma 1992., p. 5.)

(1828-1839). Con l'inizio dell'Ottocento la tecnica della controsoffittatura ad incannicciato assume un diffuso impiego con notevoli aggiornamenti tecnico-materici e una serie di conoscenze trasmesse sia attraverso manuali tascabili, sia da trattati sistematici di opere monumentali. Le *Istituzioni pratiche elementari sull'arte di costruire le fabbriche civili* (1862) di Antonio Cantalupi ricorda la tecnica dell'incannicciato come una pratica passata per realizzare i soffitti. Nel volume si descrivono diverse tecniche ma in particolare si consiglia quella delle stuoie di cannuce legate da giunchi. Anche l'ingegnere Carlo Formenti nel suo volume *Pratica del fabbricare* (parte seconda) del 1895 ci mostra attraverso illustrazioni accuratissime le pratiche del mascherare e ricoprire le impalcature dei soffitti, chiarendo i processi di lavoro dell'applicazione di una stuoia³¹ (Fig. 26, 27, 28, 29).

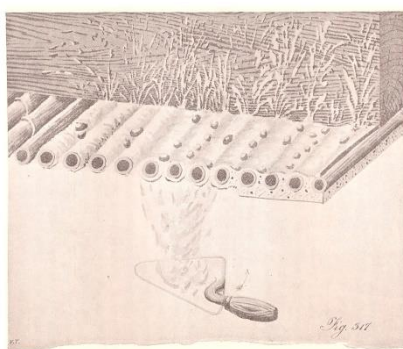


Fig. 26 Applicazione dello strato di rinfazzo. Tratto da Formenti, 1895, p. 62.

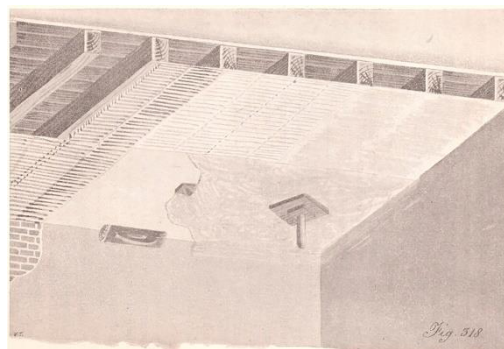


Fig. 27 Applicazione dello strato d'intonaco. Tratto da Formenti, 1895, p. 66.

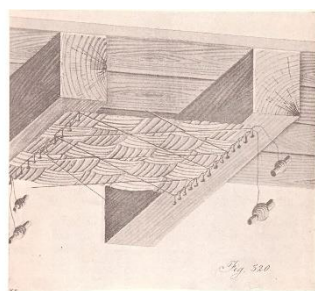


Fig. 28 Stuoia intrecciata fermata al solaio con chiodi e fil di ferro. Tratto da Formenti, 1895, p. 67.

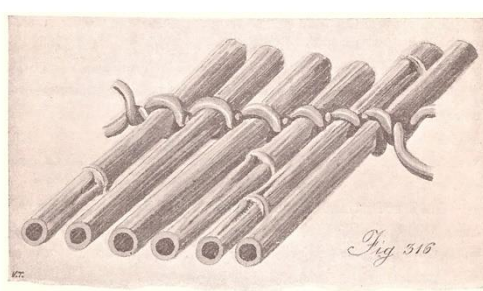


Fig. 29 Stuoia di giunchi sottili avvolti con fili di ferro cotto o zincati. Tratto da Formenti, 1895, p. 60.

³¹ C. Formenti, *Pratica del fabbricare. Il finimento delle fabbriche. Parte II*, Hoepli Editore, Milano 1895, pp. 59-78.

Come lui anche Giovanni Curioni³², Archimede Sacchi³³, Achille Lenti³⁴, Giuseppe Musso (Fig. 30), Giuseppe Copperi³⁵, Francesco Milizia³⁶, G. A. Breymann³⁷ e Daniele Donghi³⁸, ci informano su metodi costruttivi differenti.

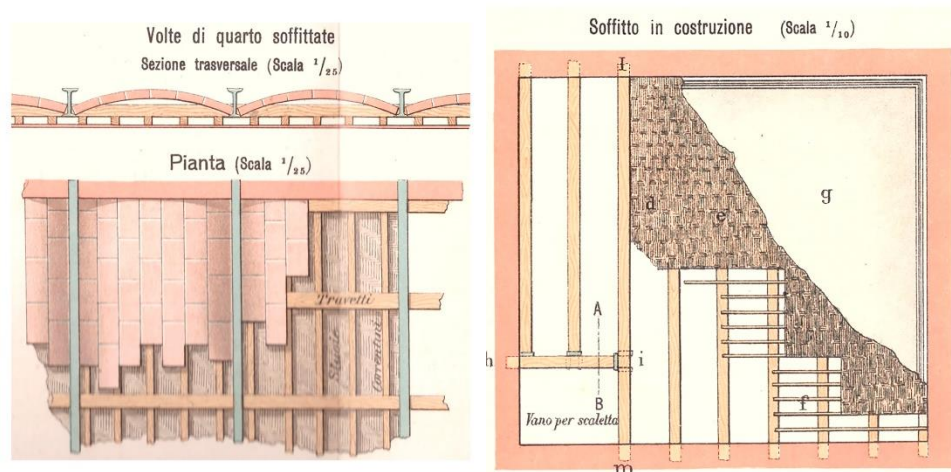


Fig. 30 Illustrazioni di soffitti incannicciati tratti da *Particolari di costruzioni murali. Finimenti di fabbricati*, di Musso e Copperi, (Tav. XX e XXII).

Uno studio della trattatistica, che si estende fino al raggiunge il XX secolo, è stato condotto in modo approfondito nella tesi di dottorato di Barbara Brunetti.

³² G. Curioni, *L'arte di fabbricare ossia corso completo di istituzioni teorico-pratiche per gl'ingegneri, per gli architetti, pei periti in costruzione e pei periti misuratori*, Negro, Torino 1873.

³³ A. Sacchi, *Architettura pratica. L'economia del fabbricare, stime di previsione e di confronto, analisi di prezzi di produzione, appalti, condotta e direzione dei lavori*, Hoepli, Milano 1878.

³⁴ A. Lenti, *Corso pratico di costruzioni o Guida per eseguire, dirigere, sorvegliare e valutare i lavori di architettura civile, rurale, stradale, idraulica*, Rossi stamp., Tortona 1877.

³⁵ G. Musso, G. Copperi, *Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati*, Stamperia Reale di Paravia e Comp., Torino 1885.

³⁶ F. Milizia, *Principi di Architettura Civile*, Serafino Majocchi Libraio-Editore, Milano 1847.

³⁷ G.A. Breymann, *Pavimenti, intonaci, pareti, impalcature, tavolati*, in *Trattato generale di costruzioni civili*, Dedalo, Roma 2003.

³⁸ D. Donghi, *Manuale dell'architetto (civili e industriali)*, Utet, Torino 1925.

Con l'inizio del secolo nuovo, gli aggiornamenti e gli sviluppi industriali si evolvono rapidamente e introducono come materiale costruttivo d'edilizia il metallo, da cui si ricavano supporti innovativi come reti di fili metallici ortogonali, che sostituiscono quasi definitivamente le stuoie in canniccio³⁹. Nel *Trattato teorico e pratico delle costruzioni civili, rurali, stradali ed idrauliche* (1948) di Carlo Levi, l'impiego di reti metalliche a piccole maglie, ricoperte da malta di calce e cemento, è preferito ai soffitti piani a stuoia⁴⁰. Un'applicazione rivalutata e migliorata in seguito alla constatazione dei processi d'ossidazione che si generano a contatto con le malte⁴¹.

³⁹ R. Fabbrichesi, *Elementi delle costruzioni (civili e industriali)*, Cedam, Padova 1931.

⁴⁰ C. Levi, *Trattato teorico pratico di costruzioni civili, rurali, stradali, idrauliche*, Hoepli, Milano 1948, p. 386.

⁴¹ Brunetti, 2016, p. 464.

Capitolo 3: Evoluzione tecnologica e funzionale delle stuoie come supporto per l'intonaco nelle costruzioni storiche

I termini che ritroviamo con maggior frequenza nei volumi citati sono stuoia⁴² e canniccio “*il verbo incannucciare risale al XIX secolo (e da esso anche i participi incannucciata/o del XVII secolo) e indica l'azione di chiudere, coprire o fasciare con le cannuce, ragion per cui sarebbe etimologicamente scorretto riferire il verbo alle coperture fatte con canna comune. Con il termine stuòia originario del XIV secolo, si intende invece un intreccio di graminacee quali giunco o sparto, mentre a partire dal XX secolo il termine è stato usato con eccessiva disinvoltura nei significati impropri e diversificati di plafone, soffitto, soppalco, volta.*”⁴³

Questi sistemi intrecciati hanno assunto diverse nomenclature a seconda dell'area geografica oltre alle denominazioni cannicci o camorcanna, viene utilizzato anche il termine *arelle*, tipico dell'area emiliana, zona in cui le canne palustri sono abbondanti e d'impiego diffuso soprattutto per i plafoni dei teatri.

Nella zona del delta del Po si usa il gergo *grisiola*⁴⁴, proveniente dall'impiego in ambiti rurali e contadini (Fig. 31). Al sud e nelle isole italiane le stuoie sono nominate *sa cannizzata* o *s'orriu* in Sardegna⁴⁵, *cannizzi* o *cannizzu*

⁴² Il termine *stuòia* originario del XIV secolo, si intende invece un intreccio di graminacee quali giunco o sparto, mentre a partire dal XX secolo il termine è stato usato con eccessiva disinvoltura nei significati impropri e diversificati di plafone, soffitto, soppalco, volta.

⁴³ Brunetti, 2016, p. 89.

⁴⁴ Il dizionario del dialetto veneziano di Giuseppe Boerio ci ricorda le funzioni ed usi delle “grisiolate” ai suoi tempi: usi prevalentemente lagunari dove serviva a delimitare le aree da pesca temporanee (la segregazione perenne degli specchi acquei era assolutamente proibita), e la costruzione dei percorsi per il pesce che veniva catturato durante le migrazioni stagionali, nei “lavorieri” costruiti appunto con i graticci di canne palustri. (G. Boerio, *Dizionario del dialetto veneziano*, pubblicato da Andrea Santini e figlio, Venezia 1829, p. 262.)

⁴⁵ “*L'utilizzo della canna anche in Sardegna è un'arte antichissima, utilizzata da millenni, in particolare nella costruzione della classica casa campidanese. Le coperture delle case, anche quelle delle famiglie di rango, erano realizzate con incannucciato, in sardo*

nell'area contadina siciliana⁴⁶ e pugliese⁴⁷, nomi che derivano dalle orditure intrecciate realizzate con le canne palustri (Fig. 32, 33).



Fig. 31 *Grisiole* o arelle a tutela delle colture degli orti dell'estuario (foto dal web).



Fig. 33 *Cannizzu* per essiccare fichi e pomodori (foto dal web).



Fig. 32 *Cannizzu* usato come silos per cereali (foto dal web).

"cannizzata". L'incannucciato è una intelaiatura formata da canne stagionate, ben ripulite dalle foglie col falchetto e allineate e legate tra di loro (sempre con fibra vegetale, era "sa zinniga") come un tappeto, che si poggia sulle travi in legno. Nelle case più importanti sulle travi era poggiato, prima dell'incannucciato, un tappeto di canne artisticamente intrecciate, detto "orriu", che dava una visione più rifinita all'ambiente e proteggeva meglio dalla polvere."

<https://amicomario.blogspot.com/2014/01/la-riscoperta-della-canna-palustre.html>
(settembre 2024)

⁴⁶ Le canne palustri sono un materiale molto popolare nella tradizione Siciliana, e le vecchie costruzioni rurali siciliane fanno largo uso della canne per la costruzione dei tetti.
<http://www.sicilcanne.com/usocanna.htm> (settembre 2024)

⁴⁷ In particolare nella zona del Salento, in cui si usavano le canne palustri per creare stuoie per molteplici funzioni, in particolare per essiccare al sole pomodori o fichi o mandorle.
<https://catalogo.beniculturali.it/detail/DemoEthnoAnthropologicalHeritage/1600385090>
(settembre 2024)

3.1 Impiego del canniccio nelle controsoffittature di volte e soffitti

Generalmente il supporto stuoiato dei controsoffitti è creato dall'unione di canne palustri: tra le più comuni, le specie *Arundo donax* e la *Phragmites communis* o *australis* presentano caratteristiche diverse determinate dalla grandezza del fusto. Per questo motivo, sulla base della loro dimensione, vengono utilizzate per una specifica funzione, intrecciate (Fig. 35) o inserite direttamente nella malta con le cannuce integre (Fig. 35).



Fig. 35 Incanniccato.



Fig. 34 Arelle.

Si ipotizza che i vari intrecci e le differenti disposizioni delle canne indichino la funzione d'uso⁴⁸ della stuoia a seconda delle provenienze regionali⁴⁹ e della coltivazione di canne locali.

A seconda della specie erbacea si hanno prestazioni meccaniche e di lavorazione differenti. In zone in cui non vi erano presenti canneti veniva fatto uso di altre specie vegetali con simili proprietà di leggerezza e flessibilità.

⁴⁸ Generalmente gli orditi delle canne venivano impiegati in luoghi diversi per svolgere funzioni diverse: per i plafoni dei teatri era preferibile usare le cannuce accostate tra loro, mentre per le volte si preferiva l'uso delle stuoie intrecciate. (E. Quagliarini, M. D'Orazio, *Recupero e conservazione di volte in "camorcanna". Dalla "regola d'arte" alle tecniche di intervento*, Editrice Alinea, Firenze 2005, p. 63.)

⁴⁹ "A differenza di quanto emerge dall'osservazione di alcuni plafoni appartenenti ai teatri storici marchigiani in cui si registra un diffuso impiego dell'*arundo donax* spaccata e intrecciata a formare trame bidirezionali, in area emiliana lo stuoiato di supporto dell'intonaco è composto di cannuce di palude intere, *phragmites communis*, semplicemente accostate tra loro." (Brunetti, 2016, p. 238)

Le orditure delle stuoie individuate sono:

- Orditura a cannuce unidirezionali (Fig. 36)

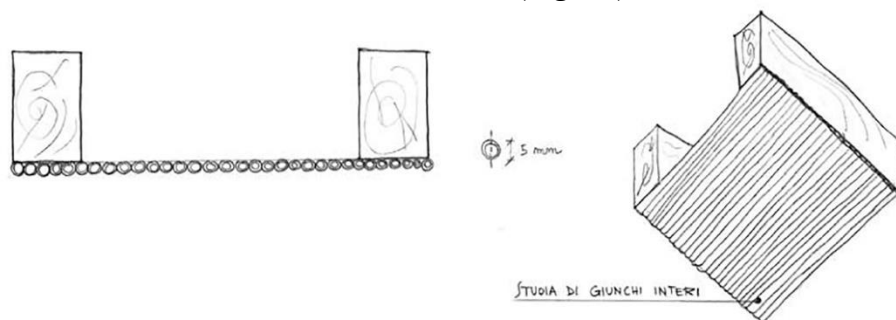


Fig. 36 Disegno di Barbara Brunetti raffiguranti le tipologie di stuoio secondo Archimede Sacchi ne *L'Architettura Pratica*, 1878, p. 108.

Generalmente per questa tipologia di stuoia si usano le cannuce di palude della specie *phragmites*⁵⁰ *communis*, per la loro dimensione di diametro ridotto. Vengono mantenute integre e accostate tra loro con un intervallo adatto a permettere il refluimento della malta tra esse⁵¹. Un' utile accortezza consiste nell'alternare le cime con le basi così da rendere uniforme la tenuta della stuoia. Tra di loro venivano legate tramite fibre vegetali (Fig. 37-38) o successivamente con filo metallico: “Le legature in canapa (bandolo o laza) tipiche del XVIII secolo saranno progressivamente sostituite dal giunco lacustre a cui si sostituiranno infine i fili metallici nelle stuoie di produzione industriale nate nel XX secolo e spesso tuttora in uso, soprattutto nei casi di sostituzioni o di integrazioni di vecchi stuoati.”⁵² La

⁵⁰ Dal greco *phragma*, steccato, recinto, riferito probabilmente agli addensamenti impenetrabili a cui dà vita la pianta, oppure al fatto che con questa si costruivano recinti e steccati.

⁵¹ “Mentre le cannuce ordite parallelamente tra loro a formare il cannucciato sono disposte a distanza pari al loro spessore in modo che la malta refluisca generosamente negli interstizi, le canne che compongono lo stuoio di produzione industriale sono solitamente affiancate tra loro e legate con spago o fil di ferro” (Ivi. p. 132)

⁵² Ivi. p. 238.

disposizione delle stuoie in un'unica direzione permette di avere un supporto molto flessibile in senso trasversale alle cannuce, caratteristica che comporta una parziale rigidità del supporto.



Fig. 37 Teatro di Crevalcore. Un arellata della volta legata con giunco palustre. Tratta da Brunetti, 2016, p. 239.



Fig. 38 Teatro di Cento. Una arellata del sottotetto legata con filo di canapa. Tratta da Brunetti, 2016, p. 239.

L'applicazione di questa tipologia di stuoia prende anche il nome di arelle: con l'espressione *soffitto di arelle* Gian Battista Bruno Spinelli si riferisce a un solaio in legno che si compone di *arelle* (Fig.39), *bordoncelli*, *spago*, gesso, *calcina* e *sabione*, ovvero, il tradizionale soffitto piano incannucciato in cui le *arelle* collegate tra loro con *spago* sono chiodate all'assito con i tradizionali *bordoncelli*, per ricevere infine la finitura di intonaco a base di gesso, calce e sabbia. I soffitti ad arelle sono applicati diffusamente nei plafoni dei teatri storici emiliani, anche se il suo impiego individuabile in altri contesti.

Asse per fare li centri piedi nu. 40
 Chiodi nu. 300
 Arelle nu. 12
 Bardoncelli nu. 500
 Bandolo libre due
 Gesso corbe nu. 8
 Calcina una corba, e mezz.
 Sabbione sacchi nu. 12

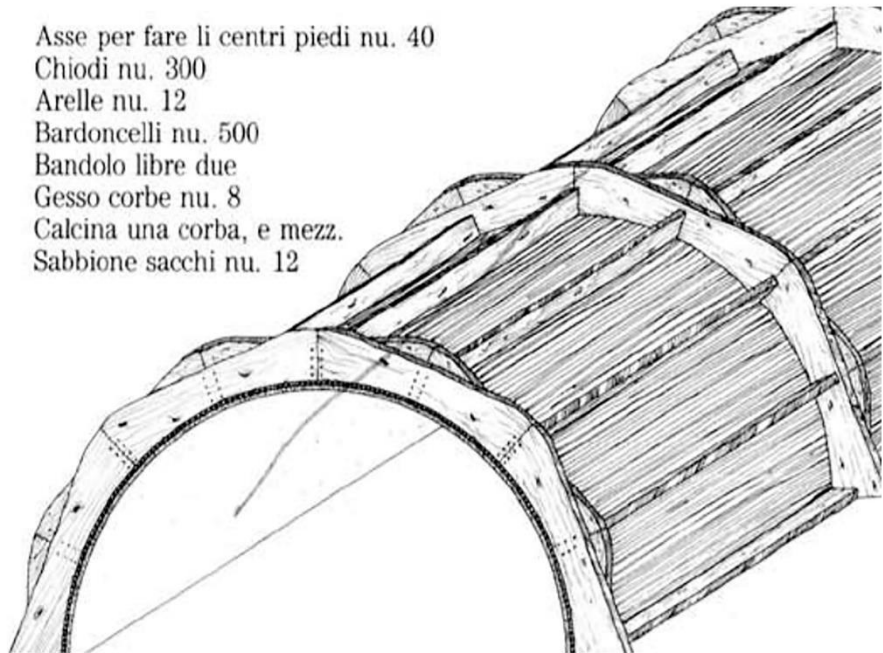


Fig. 39 Ricostruzione assonometrica di una volta centinata secondo le istruzioni di Spinelli (da Marinelli L., Scarpellini P., *L'arte muraria in Bologna nell'età pontificia*, Nuova Alfa Editoriale, Bologna 1992, p. 130).

- Orditura di canne intrecciate (Fig. 40)

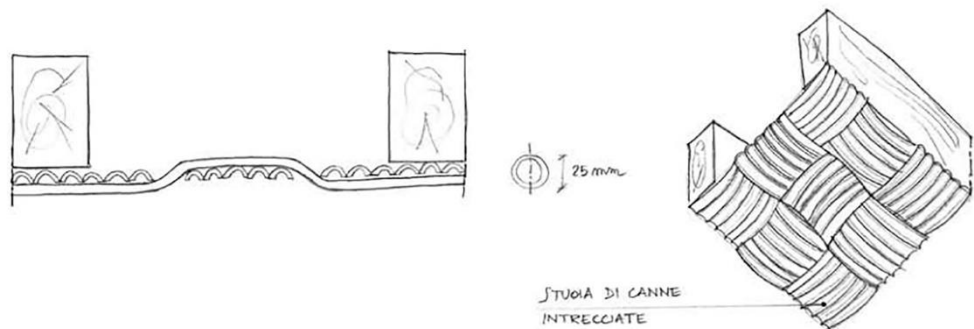


Fig. 40 Disegno di Barbara Brunetti raffiguranti le tipologie di stuoiato secondo Archimede Sacchi ne *L'Architettura Pratica*, 1878, p. 108.

Un'orditura di canne intrecciate si ottiene spaccando, aprendo ed intrecciando canne palustri dello stesso diametro (3-4 cm), ottenendo così un tessuto. Vista la dimensione delle canne è preferibile usare la specie comune *Arundo Donax*, ben stagionate e secche per consentire una più accurata lavorazione e resistenza. Le stuoie intrecciate sono definite generalmente incannicciati ed hanno avuto impiego sia per volte che per soffitti e persino per pareti.

Gli intrecci possono variare a seconda dell'ordine delle stuoie (Fig. 41): le trame rinvenute sono quella ortogonale, con una trama più o meno stretta, e quella a spina di pesce, più pregiata, che conferiscono un supporto rigido ma che mantiene la sua flessibilità.

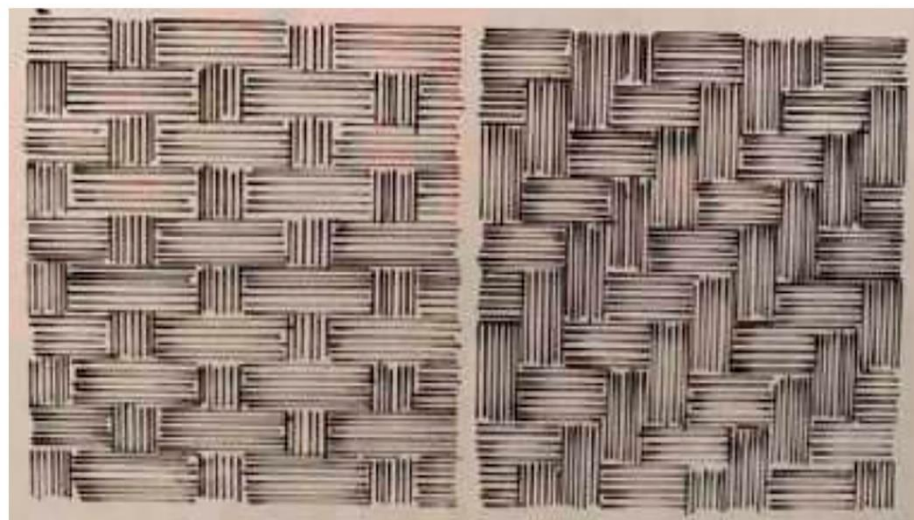


Fig. 41 Tipologie di orditi intrecciati per superfici di pregio.
Fotografia tratta da Orsero, 2020/2021, p. 122.

L'intreccio ortogonale è utilizzato anche nei plafoni dei teatri ma con la peculiarità di possedere una trama di canne aperte e intrecciate tra loro con una disposizione differente della sequenza dell'ordito, in cui lungo una stessa direzione le canne intrecciate risultano più distanti tra loro, al fine di rendere più flessibile la stuoia e utilizzare meno

canne palustri, così da velocizzare il processo d'intreccio. Tale tecnica è stata utilizzata per rivestire superfici voltate ampie.

La tecnica di costruzione di un canniccio è un'arte contadina, ed è per questo che nel Catalogo dei Beni Culturali demoetnoantropologico è stata documentata la pratica pugliese di intreccio delle canne palustri, una tecnica tradizionale in via di estinzione raccontata ed eseguita da un anziano cittadino di Tricase in provincia di Lecce⁵³, Puglia.

La tecnica prevede di (Fig. 42):

1. individuare le canne palustri giuste da tagliare (mai verdi), utilizzando delle grandi cesoie viene fatto un taglio alla base della canna. Questa procedura avviene in un periodo dell'anno specifico in base alla posizione geografica;
2. rimuovere le parti secche delle canne passando una roncola su ogni segmento circolare da togliere. In questo modo si rende liscia la canna ripulendola da tutte le parti più sporgenti;
3. secondo la tecnica scelta si decide, trattare subito le canne o di attendere un lasso di tempo affinché si secchino al punto da poterle lavorare (circa due o tre mesi) affinché durante la messa in opera del canniccio esse non si deformino⁵⁴ a causa del ritiro del legno in fase di essiccamento. Sempre per la stessa ragione non si deve rimuovere la "buccia" esterna della canna, che essa conferisce protezione e sostegno;

⁵³ <https://catalogo.beniculturali.it/detail/DemoEthnoAnthropologicalHeritage/1600385078> (ottobre 2024)

⁵⁴ Le canne secchie devono essere dritte e robuste affinché possano svolgere al meglio il loro ruolo portante.

4. se lo scopo è creare una stuoia intrecciata, tagliare la canna a metà per tutta la lunghezza e aprirla per renderla piatta;
5. rivolgere le canne con il lato lucido all'esterno e renderle piatte con l'ausilio di un martello in legno, con il quale si colpiscono i nodi per appiattirli.
6. iniziare a lavorare con sei canne di base che costituiranno la lunghezza della stuoia (ordito). Tra queste verranno inserite, seguendo una particolare formula, le altre canne che costituiranno la larghezza della stuoia (trama). L'operatore sistema le sei canne parallele tra loro e si siede al centro. Nella sistemazione le canne vanno alternate di punta e coda per dare una forma regolare alla stuoia.

7. Per ottenere un'orditura ortogonale semplice:

1°) sollevare in modo sfalsato le canne (A+C+E) e inserire sotto una canna della trama.

2°) sollevare sempre in modo sfalsato le altre canne (B+D+F) e inserire sotto una canna della trama.

E di continua così...

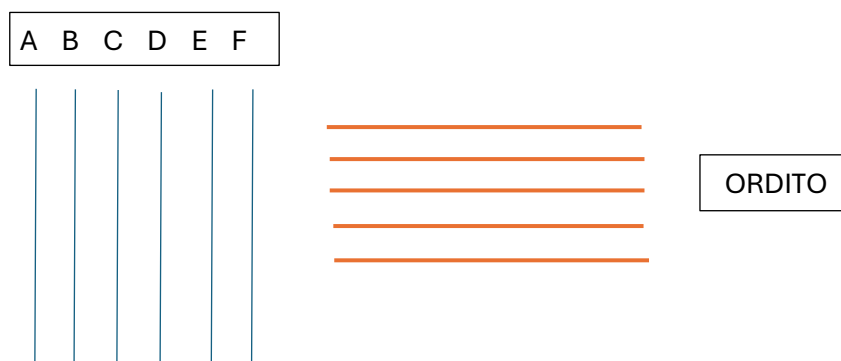
Per ottenere un'orditura a spina di pesce:

1°) sollevare le due canne centrali dell'ordito (C+D) e si inserisce sotto una canna della trama.

2°) sollevare la seconda, la terza e la sesta canna dell'ordito (B+C+F) e si inserisce sotto una canna della trama.

3°) sollevare la prima, la seconda, la quinta e la sesta canna dell'ordito (A+B+E+F) e si inserisce sotto una canna della trama.

4°) sollevare la prima, la quarta e la quinta canna dell'ordito (A+D+E) e si inserisce sotto una canna della trama.



8. ripetere la fase 1°) sollevando le due canne centrali (C+D) e si inserisce sotto una canna e così via ripetendo in ordine tutte le altre fasi.
9. ripiegare i pezzi di canne lasciati per chiudere la stuoia e ritorna al centro della stuoia per procedere nello stesso modo di prima verso l'estremità opposta ricordandosi però di invertire l'ordine delle canne da sollevare; infatti, la canna A diventa F, quella B diventa E, così via.



1.



2.



4.



5.



5.



6.



7.
(orditura semplice)

8.
(a spina di pesce)

Fig. 42 Fotografie che ritraggono alcuni stadi del procedimento di lavorazione delle canne palustri.

Nei manuali fin ora consultati, pochi specificano le modalità d'intreccio e i trattamenti delle canne palustri da effettuare prima della loro lavorazione. Giuseppe Valadier fu uno tra i pochi che fornì informazioni tecniche, egli afferma che le canne palustri dovevano essere aperte e intrecciate da fresche⁵⁵.

Al contrario, nella tecnica contadina leccese le canne venivano fatte maturare, al fine di essicarle e poi lavorarle⁵⁶.

In entrambe le condizioni si potrebbero verificare difficoltà operative, in particolare riguardo l'operazione di filatura della canna per aprirla e renderla piatta così da intrecciarla. La lavorazione di una canna secca può essere compromessa dalla rigidità e dall'insufficiente idratazione, fattori che possono portare alla sua spaccatura longitudinale impedendo di ottenere una

⁵⁵ Giuseppe Valadier suggerisce di sostituire “*le stuoie di canne a quelle realizzate con vinchi perché più leggere e perché, secondo l'Autore, consentono una più veloce esecuzione delle volte in camorcanna. Egli suggerisce di realizzare queste stuoie con canne fresche (verdi) spaccate e intessute, fissate mediante chiodi...*” (Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 47.)

⁵⁶ Informazioni ricavate dal Catalogo dei beni culturali.

<https://catalogo.beniculturali.it/detail/DemoEthnoAnthropologicalHeritage/1600385090> (ottobre 2024)

canna aperta e piatta. La lavorazione di una canna fresca può risultare semplice, data la flessibilità di questa. La fase di filatura della canna è facilitata, così come anche il suo intreccio sebbene però con il loro essiccamento l'intreccio di canne potrebbe incurvarsi o modificare l'ordito. Per verificare la tecnica di lavorazione più agevole, sono state eseguite tre prove con canne palustri in diversi stati:

1. intreccio con canne fresche (Fig. 43-44)

Queste canne sono risultate molto facili da lavorare. L'operazione di apertura e appiattimento è stata agevole, senza troppa resistenza. Essendo fresche e meno rigide, sono flessibili e ideali per l'intreccio. Per evitare deformazioni, la stuoia è stata tenuta un mese sotto pressione, in questo modo le canne fresche sono rimaste piatte, senza evidenti segni di deformazione.



Fig. 43-44 Test d'intreccio con canne fresche.

2. intreccio con canne secche recuperate da una vecchia stuoia
(Fig. 46-47)

Queste canne già secche sono state recuperate da un canniccio crollato. Il loro stato conservativo era buono ma avevano assunto una deformazione ondulata dal precedente intreccio.

Si sono dimostrate rigide e poco flessibili, quindi per intrecciarle sono state bagnate. Questo è l'aspetto delle canne secche e reidratate osservabile al microscopio (Fig. 45), esse riassumono la loro conformazione originale, poiché il tessuto cellulare della canna possiede la straordinaria proprietà di memoria della forma.

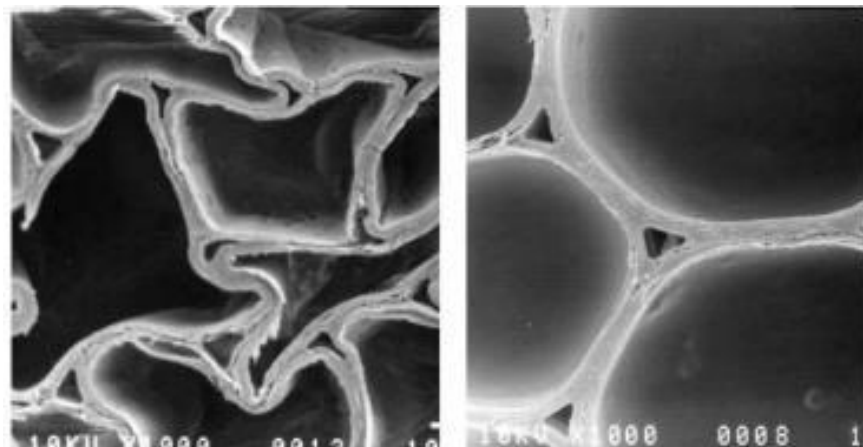


Fig. 45 Osservazione al microscopio ottico di una canna secca e una canna secca reidratata. Fotografia: Eiichi Obataya, Università di Tsukuba, Giappone. Tratta da Remón & Couvreur, 2018, p. 32.

Per determinare un possibile aumento di flessibilità è stato eseguito un test d'idratazione per immersione, durato circa sei ore, prova che ha dato un pessimo esito, le canne si spezzavano e non si riuscivano a lavorare.



Fig. 46-47 Test d'intreccio con canne secche di recupero.

3. intreccio con canne secche (Fig. 48-49)

In questo caso, sono state testate la flessibilità e la facilità di apertura, sia delle canne secche che di quelle bagnate.

Durante la filatura, alcune canne secche abbastanza spesse, si sono spezzate a causa della durezza, al contrario, le canne più sottili, si sono aperte bene. È stata eseguita una prova di mettendo delle canne abbastanza spesse a bagno in acqua per 12 ore, per determinare se l'idratazione potesse influire sull'apertura senza provocare una spaccatura longitudinale. Sono diventate più flessibili e più facili da aprire ma il loro intreccio risultava comunque rigido.



Fig. 48-49 Test d'intreccio con canne secche. A destra le canne sono a bagno per aumentare la loro flessibilità.

Secondo l'esperienza dell'artigiano sardo Ezio Caio, titolare della Ditta *Cose in Canna*⁵⁷, la lavorazione della canna può essere effettuata sia da fresca che da secca. Nel primo caso il taglio e l'apertura della canna è più agevole e meno rischioso per l'operatore poiché la canna secca essendo molto più rigida può rendere difficoltosa l'operazione d'apertura e schiacciamento dei nodi per appiattirla. La lavorazione con canne secche prevede la loro lavorazione dopo minimo quindici/venti giorni di riposo dal taglio all'aperto, in modo tale da farle perdere contenuto idrico e lavorarle quando sono più stabili e meno sensibili. La lavorazione della canna secca prevede un lungo periodo di asciugatura e stagionatura che può durare dai sei agli otto mesi⁵⁸.

⁵⁷ <https://www.coseincanna.it/eziocao.asp> (novembre 2024)

Informazioni ricavate tramite una telefonata.

⁵⁸ "Nei luoghi in cui viene lavorata molta canna, come nel caso del fabbriche di canne nel Levante, è comune vedere fasci di canne accatastati in garberas o cataste conico realizzato grazie ad un treppiede in legno, con prese d'aria alla base per consentire il ventilazione necessaria per l'asciugatura." Couvreur, Buzo Remón, 2018, p. 23.

L'artigiano Alberto Enna⁵⁹ afferma che la lavorazione con la canna secca è preferibile per diversi fattori: una differenza sostanziale è che la canna fresca nel tempo di essiccamento si asciuga bene senza subire riduzione di volume o deformazione, al contrario avviene se la canna viene filata da fresca, asciugandosi si restringe provocando deformazioni e risultando meno resistente. La lavorazione da secca sarà più faticosa a causa della durezza e resistenza della canna, la filatura⁶⁰ e lo schiacciamento dei nodi richiederà inoltre più forza poiché la canna per essere intrecciata deve essere perfettamente piatta. Per eseguire la filatura, la scelta dello strumento giusto ha una funzione specifica ovvero quella di tagliare la canna senza che si spacchi a metà. Lo strumento affilato usato per filare le canne, in dialetto sardo viene chiamato *pudazza*, in base allo spessore della canna, si dovrà usare una lama più o meno sottile, così da tagliarla senza romperla e procedere alla apertura e schiacciatura (Fig. 50-51).



Fig. 50-51 Fotografie scattate da Alberto Enna.

⁵⁹https://www.facebook.com/profile.php?id=100057694710008&locale=nl_NL&paipv=0&eav=AfZneentABIAug6XOFKgcoDSJjsbWzyNcKzcZswvzXv97YZH4wElMQCf5IM2d_Fj8QA&_rdr (novembre 2024).

Informazioni ricavate tramite una telefonata.

⁶⁰ Taglio longitudinale della canna.

Per aumentare la flessibilità delle canne secche, prima di procedere all'intreccio, si bagnano per dieci minuti. È evidente che la scelta della canna matura, dritta e con uno spessore moderato, è di fondamentale importanza al fine di ottenere il risultato desiderato⁶¹.

In ogni caso, prima di essere messe in opera, le stuoie devono essere ben essiccate, così da evitare deformazioni e movimenti del tessuto che potrebbero provocare distacchi dalla struttura portante e fessurazioni dell'intonaco.

Per tradizione le stuoie intrecciate vengono disposte perpendicolarmente alle fibre del legno, *“in tal modo non si modificherebbero, ... la loro posizione durante i movimenti di ritiro del legno e quindi non si creerebbero screpolature dell'intonaco”*⁶² (Breyman, *Trattato di costruzioni civili* del 1885). La disposizione viene fissata applicando chiodi in ferro a testa larga di 6 cm circa, talvolta abbinati ad un filo di metallo a zig-zag che si avvolge attorno ai chiodi⁶³.

Il metodo d'ancoraggio alle travi più diffuso è quello mediante i chiodi in ferro a testa larga⁶⁴ ma, oltre a questo, ci sono testimonianze che descrivono altri metodi come l'uso di corde in canapa, inserite sopra lo stuoio e fissate

⁶¹ Inoltre è di notevole importanza anche la scelta delle canne da tagliare, nel caso del loro impiego in edilizia devono essere selezionate canne di un anno di età, identificabili da presentano rami secondari in corrispondenza di alcuni nodi del fusto. Le canne che hanno meno di un anno sono ancora molto morbide e quelle di età superiore ai due anni, avendo cominciato il processo di essiccazione, si rompono facilmente. Un dettaglio tempistico che garantisce le prestazioni adeguate al manufatto.

⁶² Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 49.

⁶³ *“Il filo di ferro che sostiene l'incannucciato tramite bulettoni o brocconi esibisce trame differenti: il reticolo romboidale ha misure maggiori (17-20 cm) rispetto a quello a maglia quadrata (5-6 cm), naturale evoluzione del filo metallico è poi la rete metallica di produzione industriale con trame variabili, dalla quadrata di 20x20 cm alla rettangolare di 10-12x15 cm, in alcuni casi potenziata da argilla cotta e posizionata nei punti di incrocio della maglia.”* (Brunetti, 2016, p. 132.)

⁶⁴ *“Nella maggior parte dei casi di studio analizzati sono impiegati chiodi forgiati a mano secondo le tecniche di carpenteria sette-ottocentesche.”* Ivi, p. 258.

ai chiodi⁶⁵ disposti in superficie sfalsati tra loro, come una rete. Questa tecnica, in seguito, è stata sostituita dal fil di ferro.⁶⁶ Tecnica testimoniata da Giuseppe Valadier per ottenere una cassaforma per l'intonaco è quella di: *“chiodare direttamente alle armature secondarie stuoie composte di canne fresche spaccate e tessute, tramite chiodi attorno alla cui testa larga un filo di rame sarà avvolto a formare uno schema a zig-zag”*⁶⁷.

Anche per gli intonaci sono state documentate tecniche differenti. Generalmente gli intonaci applicati sopra gli stuociati sono caratterizzati da una rapida presa, da una certa densità dell'impasto (adatto per l'applicazione) e resistenza alle sollecitazioni e agli agenti esterni. Le tecniche d'intonacatura più frequenti sono costituite da malte di gesso, grazie alla rapidità di presa e la facile applicazione su soffitti. D'altra parte, come ricorda Sebastiano Serlio Bolognese: *“Et si poma anche ordire le volte di legname, & poi smaltarle di gesso, coperto poi di buona calcina, & dipinte anchora. Et farà opera durabile di gran tempo...Sì ch'io assicuro ciascuno à fare tali opere: ma proueder solamente, che la pioggia non l'offenda.”*⁶⁸. Data la natura del gesso, queste malte sono soggette a degrado nei casi di presenza d'acqua o di eccessiva umidità. Alcune volte il gesso veniva aggiunto a malte di calce aerea, come additivo per velocizzare la fase di presa della malta⁶⁹ (malta

⁶⁵ Secondo Vincenzo Scamozzi (1548-1616) nel suo trattato *L'idea della Architettura Universale* (1615), le stuoie di canne greche si fissano alle centine, che devono essere poste a una distanza reciproca di non più di un piede o un piede e mezzo, con chiodi a testa larga.

⁶⁶ *“Le cannuce o arelle vengono invece stese e fissate tramite chiodatura su un'apposita orditura lignea: attorno ai chiodi, prima di conficcarli completamente nel legno, è in genere fissata una corda in fibre vegetali, come la canapa, o più tardi, del filo metallico, di rame od ottone, la cui disposizione può essere ortogonale alla lunghezza delle canne o a zigzag.”* (Brunetti, 2016, p. 87.)

⁶⁷ Ivi. p. 102.

⁶⁸ S. Serlio Bolognese, *Tutte l'Opere d'Architettura di Sebastiano Serlio Bolognese. Dotte si trattano in disegno, quelle cose, che sono più necessarie all'Architetto*, stamperia presso Francesco de Franceschi Senese Venezia 1584., p. 98.

⁶⁹ *“Su questa incannicciatura si applica la malta comune ad intonaco, alla quale però di solito si aggiunge il gesso, perché faccia presa più rapida e aderisca meglio. Si calcola di solito 1 parte di gesso e 30 parti di calce.”* (Donghi, 1925, p. 9)

bastarda). Altrimenti veniva usata una malta con calce aerea e aggregati idraulici come la pozzolana, sempre allo scopo di ottenere una malta idonea. Giovanni Curioni afferma che sulle stuoie generalmente si stende un primo strato di rinzafo con malta bastarda, poi si prosegue con l'arricciatura a base di malta comune e infine lo strato finale di scialbatura, per uno spessore complessivo di 2,5 cm. In alcuni casi è stato evitato l'uso del gesso, noto per la sua igroscopicità; la necessità di ridurre il peso della malta ha portato all'inserimento di materiali leggeri come paglia, pula di riso. Composizioni industriali sviluppate negli ultimi decenni, includono pacchetti isolanti e “malte antisismiche”, ispirate alle tecniche tradizionali giapponesi, che offrono vantaggi in termini di resistenza ai terremoti⁷⁰.

I manufatti in canne palustri venivano in passato realizzati da carpentieri o artigiani specializzati, maestranze ormai quasi completamente perdute. È oggi molto difficile trovare chi lavora gli stuoiaiti intrecciati⁷¹ (siti internet⁷²), mentre la produzione di arellati è ancora viva nel campo della bioedilizia: molte aziende ripropongono un approccio ecosostenibile al costruire. L'impiego di materiali naturali come le canne palustri si sta riscoprendo con l'impiego in diversi campi come l'isolamento termico e l'insonorizzazione dei locali⁷³.

⁷⁰ Brunetti, 2016, p. 132.

⁷¹ Ormai sono quasi scomparsi gli artigiani e i carpentieri che si occupavano dell'intreccio delle stuoie incannicciate, gli unici enti che si occupano ancora della lavorazione di canne palustri sono stati ritrovati nelle Marche, nei pressi di Perugia, (*Lavorazione Canna Palustre di Zoppitelli Orlando*), e la pratica anticamente diffusa della lavorazione della canna in Sardegna è tramandata e tuttora eseguita da parte di enti come *Cose di Canna* a Oristano e *Stuoia di canna intrecciata (orriusu)* di Alberto Enna presso Milis.

⁷² http://www.zoppitelli.com/#Chi_Siamo (ottobre 2024);

<https://www.coseincanna.it/eziocao.asp> (ottobre 2024);

https://www.facebook.com/profile.php?id=100057694710008&locale=nl_NL&paipv=0&eav=AfZneentABIAug6XOFKgcDSJjsbWzyNcKzcZswvzXv97YZH4wElMQCf5IM2d_Fj8QA&_rdr (ottobre 2024).

⁷³ <https://www.bancadellacalce.it/bdc/prodotti-bdc/calcecanapa-e-cannapalustre/> (ottobre 2024).

3.2 Esempi di stuoiati

Le tipologie di supporto in canne palustri intrecciate, possono essere raggruppate per materiali vegetali usati. Oltre alle canne palustri, sono stati riscontrati esempi citati in trattati d'architettura, come ad esempio i listelli di legno e vinchi.

Vincenzo Scamozzi fu il primo ad affermare l'inappropriatezza dei listelli di legno⁷⁴ di larice come elementi per la controsoffittatura delle volte, inadatti per la poca durabilità a causa dei danni provocati dall'umidità, dai roditori e dagli insetti. Con i listelli si creava una cassaforma su cui veniva steso l'intonaco. Questa tecnica nell'Ottocento con il Curioni assumerà il nome di soffitti imbottiti, *“Per fare questi soffitti si fermano ai travicelli del solaio chiodi a testa larga dei piccoli listelli di legno dolce posti alla distanza di metri 0.03 gli uni dagli altri. Gli intervalli che restano fra i detti listelli si riempiono con robusto strato di malta di gesso distesa in modo da empire esattamente gli specchi e da ben invilupparne i listelli; una volta lapidificato questo primo strato, se ne applicherà un secondo di malta bastarda e questo ben si conguaglierà e liscerà collo sparviero.”*⁷⁵. Il Donghi documenta diverse tipologie e tecniche d'uso delle incannicciature, dalle solite stuoi create con cannuce accostate all'uso di listelli di legno come supporto dalle sezioni e disposizioni differenti (Fig. 52).

⁷⁴ Scamozzi, 1615, pp. 327-328.

⁷⁵ Curioni, 1873, p. 434.



Fig. 6. — Soffitto con listelli e fasci di paglia.



Fig. 7. — Soffittatura alla Loth.



Fig. 8. — Listelli Voitel per soffittare.

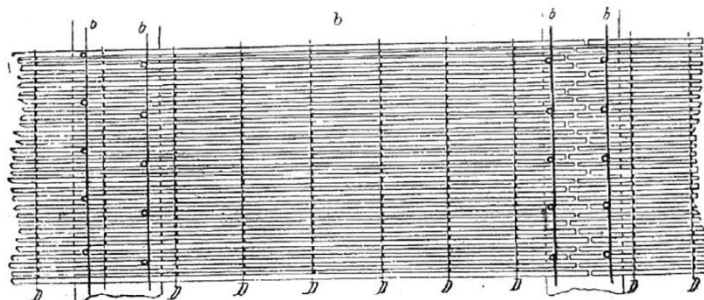
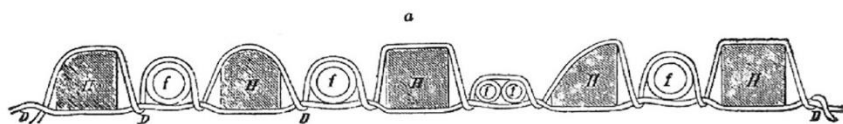


Fig. 9 a, b. — Soffittatura del sistema Rusch.



Fig. 10. — Soffittatura del sistema Koullé.

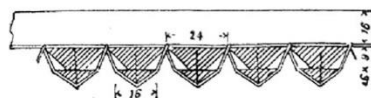


Fig. 11. — Soffittatura sistema Kahl.

Fig. 52 Tipologie di listelli e soffittature descritti da Donghi in illustrazioni nel *Manuale dell'architetto*, 1925, pp. 10-11.

Daniele Donghi consiglia di abbinare dei listelli a canne palustri, per ridurre le possibili deformazioni del legno e di impedire screpolature dell'intonaco seguito dell'incurvamento delle tavole. Inoltre raccomanda di disporre sempre le canne perpendicolarmente alle fibre del legname, in tal modo non si modificherebbe la loro posizione durante i movimenti di ritiro del materiale⁷⁶.

⁷⁶ Donghi, 1925, p. 10.

Per la pratica dell'intreccio di rametti flessibili (Fig. 53), venivano usati come materia prima i vinchi⁷⁷ (di nocciolo, di anice, di salice o di ontano) chiamati archetti, spaccati a metà e intessuti sul reticolato ligneo della struttura per mezzo di chiodi.



Fig 53 Intreccio con vinchi di salice.

Questo era un sistema che secondo Giuseppe Valadier era molto diffuso e praticato, nonostante fosse una stuoia più pesante rispetto a quella con canne palustri e che richiedeva lunghi tempi di lavorazione⁷⁸.

In prevalenza le stuoie maggiormente rinvenute realizzate con canne palustri, sono le arelle oppure gli incannicciati, il Curioni definisce “soffitti stuociati” quelli in cui vengono utilizzate canne palustri intere o schiacciate e fissate alla struttura per mezzo di chiodi a testa larga (Fig. 54-55) e fil di ferro di 1 mm avvolto intorno alla testa del chiodo.



Fig. 54-55 Chiodi a testa larga in ferro battuto. La dimensione della testa varia a seconda di quanto supporto deve esercitare.

⁷⁷ Il salice viminale (*Salix viminalis* L.) è una pianta appartenente alla famiglia delle Salicacee, un piccolo arbusto viene coltivato a capitozzo da lungo tempo nelle campagne, spesso lungo i corsi d'acqua, per il consolidamento degli argini, per la produzione di rami da vimini.

⁷⁸ Quagliarini, D'Orazio, 2005, pp. 46-47.

Definiva inoltre “soffitti incannicciati” quelli che al posto delle stuoie usavano canne palustri aperte e intrecciate con orditura ortogonale fissate al soffitto con chiodi. Queste sono le tecniche maggiormente diffuse rispetto ad altre pratiche riportate nella trattatistica⁷⁹ in cui si affrontano dettagli pratici e tecnici come i tempi di stagionatura, il loro aspetto e dimensioni, per garantire resistenza e durabilità del sistema.

Guardando al caso di una stuoia in listelli tondi di cannuce disposti in modo unidirezionale (legati tra loro con giunchi o fil di ferro) la flessibilità del supporto in senso longitudinale rispetto all’asse maggiore delle canne sarà superiore rispetto ad una stuoia intrecciata, ma ciò è valido unicamente in senso longitudinale. Infatti la disposizione ortogonale delle canne durante l’intreccio e lo schiacciamento delle stesse permette di ottenere una struttura che ha minore flessibilità in senso longitudinale, ma che ha una maggiore flessibilità complessiva considerando i possibili piani di movimento del tessuto.

⁷⁹ Argomento approfondito nella Tesi di Dottorato di Barbara Brunetti (2016).

Capitolo 4: Impiego delle stuoie intrecciate nell'ambito della conservazione dei beni culturali

4.1 Impiego del canniccio in opere di pregio

Un esempio trecentesco di applicazione della stuoia in canniccio come supporto ad affreschi lo ritroviamo nella serie di dipinti murali all'interno del Camposanto Monumentale di Pisa, costruito come un grande quadriportico, le cui gallerie laterali sono riccamente decorate ad affresco con temi sulla vita e la morte. Le opere, iniziate verso il 1333 da Francesco Traini, proseguono per tutto il Trecento con l'alternarsi di Buonamico Buffalmacco, Taddeo Gaddi, Andrea Buonaiuti, Antonio Veneziano, Spinello Aretino e Piero di Puccio, per continuare con Benozzo Gozzoli negli ultimi decenni del Quattrocento ed essere conclusa da Agostino Ghirlanda, Aurelio Lomi, Paolo Guidotti Borghesi e Zaccaria Rondinosi tra XVI e XVII secolo.

In particolare, si fa riferimento ai manufatti attribuiti al pittore Bonamico Buffalmacco, tre grandi affreschi disposti nella parete sud ed est, raffiguranti il *Trionfo della Morte* (Fig. 56), il *Giudizio Universale e l'Inferno*, le *Vite dei Santi Padri* con, infine, le *Storie di Cristo «post mortem»*.



Fig. 56 Opera di Bonamico Buffalmacco, *Trionfo della morte*, 1336-1341 (post-restauro).

La storia del Camposanto fu marcata in maniera indelebile dalle vicende dell'ultimo conflitto mondiale: la sera del 27 luglio una granata incendiaria degli Alleati colpì il tetto del Camposanto che esplose in un devastante incendio, durato diversi giorni, che provocò danni irreparabili (Fig. 57-58). La struttura lignea andò a fuoco per tre giorni e le lastre in piombo sottostanti si fusero. La superficie muraria venne danneggiata dalle gocce di piombo e dal legno che cadde su di essa. A causa del calore gli intonaci scoppiarono e i pigmenti si alterarono, dando così un tono uniformemente rossastro a tutte le pareti: un vero e proprio disastro. Gli affreschi rimasero esposti alle condizioni atmosferiche, caratterizzate dalle piogge stagionali e dal vento.



Fig. 57-58 Camposanto di Pisa dopo la Seconda guerra mondiale.
(tratta da Orsero, 2020/2021, p. 34.)

L'Opera della Primaziale e la Soprintendenza si attivarono per preservare il monumento da maggior rovina. In generale il restauro del complesso e degli affreschi risultò un'operazione assai ardua e delicata a causa delle condizioni generali e delle misure delle opere. Messa in sicurezza l'opera successivamente fu necessario ragionare su come procedere nelle operazioni di conservazione e l'unica soluzione possibile sembrò essere il loro distacco dalle pareti tramite la tecnica dello 'strappo' un'impresa a dir poco difficoltosa e da eseguire con la massima accortezza. La proposta venne consigliata da Cesare Brandi, allora direttore dell'Istituto Centrale del

Restauro (ICR), in collaborazione con Piero Sanpaolesi, Soprintendente ai Monumenti e alle Gallerie di Pisa. Furono create tre squadre di intervento che tagliarono la superficie in varie sezioni, creando una sorta di *puzzle*, per poi riassemblarle. Tra i restauratori che si occuparono degli strappi vi fu Leonetto Tintori, che poté vedere dal vivo come si presentavano le pareti durante i restauri, ed ebbe l'occasione di studiare le opere di Buffalmacco, in particolare il supporto stuoiato su cui era stato steso l'intonaco: *“il modo con il quale fu abilmente intrecciato il tessuto di canne denota dimestichezza con questo prodotto artigianale assai usato in altre applicazioni [...] nessun affresco, neppure quelli dipinti molto più tardi, ha resistito alle insidie ambientali quanto questi che, ancora dopo il disastroso incendio, presentano un'apprezzabile freschezza”*⁸⁰. La caduta di porzioni degli affreschi aveva rivelato delle inattese scoperte: in alcuni casi il tipo di supporto, quando l'intonaco veniva preparato sull'incannucciata, ed in altri la presenza delle sinopie⁸¹. Oltre a Buffalmacco solo un'altra opera che fu realizzata su canniccio, l'Assunta del pittore Stefano Fiorentino⁸².

Il Tintori descrive il metodo d'intreccio rinvenuto sulle scene della *Passione di Cristo* (Storie di Cristo post mortem) e su quelle del *Trionfo della Morte* e le scene contigue. La differenza tra i due sta nell'ordito della stuoia: nel primo caso l'intreccio risultava semplice (Fig. 59) mentre nel secondo caso si presentava più elaborato con un intreccio a spina di pesce (Fig. 60), una scelta presa dal maestro per l'impresa più grande e innovativa che doveva essere eseguita nella gallerie meridionale.

⁸⁰ L. Tintori, *Note sulla tecnica, i restauri, la conservazione del trionfo della morte e di altri affreschi dello stesso ciclo del camposanto monumentale di Pisa*, “Critica d'arte”, 7, 58, 2 (1995), pp. 53-62.

⁸¹ A. Spinosa, *La ricerca applicata al restauro: l'esperienza di Piero Sanpaolesi*, Tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, relatore prof. arch. Renata Picone, Università di Napoli, 2007, p. 85.

⁸² M. Orsero, *L'age d'or del Camposanto di Pisa. Cantieri e fasi decorative pittoriche nella prima metà del Trecento*, Tesi di Dottorato, relatori Serena Romano e Clario Di Fabio, Università degli studi di Genova e Université de Lausanne, a.a. 2020/2021.



Fig. 59 Porzioni di canniccio rimasti intatti malgrado l'incendio posizionati sulla parete della galleria est.
(Tratto da Orsero, 2020/2021, p. 123.)

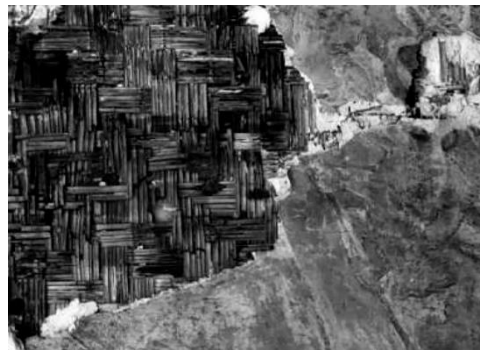


Fig. 60 Residuo di canniccio a spina di pesce carbonizzato ancora in situ sotto il *Trionfo della morte*.
(Tratto da Orsero, 2020/2021, p. 123.)

Una funzione da supporto che nel tempo mutò, dall'applicazione come controsoffittatura supporto ausiliario per le pitture murali staccate⁸³.

Le condizioni dei supporti (murari e in canniccio) degli affreschi, condussero i restauratori ad eseguire operazioni di strappo delle pitture, anche per provvedere al recupero dell'ambiente in cui erano esposti i dipinti⁸⁴.

⁸³ “La tecnica di costruzione del canniccio ha origini trecentesche; le canne vengono intrecciate secondo una tessitura che può essere a lisca di pesce o a stuoia semplice...L'incannicciato ha costituito un supporto tipico per gli affreschi staccati ed è stato impiegato come superficie temporanea di trasporto di pitture murali staccate. Il suo impiego, testimoniato in Toscana fino dal Trecento, si diffuse in molte regioni italiane nel corso dei secoli successivi.” (C. Giannini, *Materiali e procedimenti esecutivi della pittura murale*, collana Laboratorio dell'arte di il Prato Editore, 2009., pp. 12-19.)

⁸⁴ L'Opera Primaziale Pisana, responsabile del Complesso monumentale della Piazza dei Miracoli, e la Soprintendenza, avvalendosi di mezzi di fortuna e tra mille difficoltà, iniziarono le operazioni di salvataggio dei dipinti con lo strappo sistematico e totale delle pitture dall'intonaco. Gli affreschi furono in seguito applicati tramite colla di caseato di calcio su pannelli in Eternit, pensando potesse essere la soluzione migliore e più rivoluzionaria per l'epoca, rivelandosi in seguito una pratica nociva a causa della natura chimica del pannello e inadatta alla conservazione delle pitture. Infatti, negli anni Settanta, l'utilizzo della colla di calcio iniziò a presentare i primi segni di degrado e si decise di intervenire sostituendo i pannelli di Eternit con supporti di vetroresina e utilizzando come legante, l'elvacite metacrilato AC, mentre come inerte il carbonato di calcio.

Nel 2008, con il convegno dal titolo “*Gli affreschi del Camposanto di Pisa: progettazione e conduzione dei restauri (1980-2008)*” vennero resi noti i risultati della metodologia di intervento applicata⁸⁵.

4.2 Canniccio come supporto mobile per dipinti murali distaccati

La tecnica con cui sono stati distaccati gli affreschi di Pisa è lo strappo⁸⁶, metodologia evoluta nel Settecento e che nel secolo successivo provocò innumerevoli polemiche tra restauratori toscani e lombardi.

Nel 1857 Gaetano Bianchi, noto restauratore, testò per la prima volta un nuovo supporto per gli stacchi delle storie di Bernardo degli Uberti, affreschi trecenteschi collocati nel Castello di Vincigliata⁸⁷ (Fig. 61), ma provenienti da una cappellina annessa al convento di S. Martino in via della Scala, operazione richiesta da parte di John Temple Leader, che acquistò le opere per disporle nel castello.



Fig. 61 Affresco raffigurante
il *Miracolo di San Bernardo*
degli Uberti, XIV sec.,
Castello di Vincigliata,
Fiesole.
(Fotografia ricavata dalla
Fototeca Zeri)

⁸⁵ Relazione di Mandato 2018, dell’Opera Primaziale Pisana https://www.opapisa.it/wp-content/uploads/2018/12/RELAZIONE-DI-MANDATO-2018_web.pdf (ottobre 2024)
Relazione di Mandato 2023, dell’Opera Primaziale Pisana.
https://www.opapisa.it/wp-content/uploads/2023/12/2023_relazione-di-mandato_web.pdf
(ottobre 2024)

⁸⁶ M. Ciatti, *Appunti per un manuale di storia e teoria del restauro*, Edifir Edizioni, Firenze 2009, pp. 122-127.

⁸⁷ <https://catalogo.fondazionezeri.unibo.it/scheda/fotografia/14187/Broggi%20-%20Contorni%20di%20Firenze.%20Castello%20di%20Vincigliata.%20Storia%20della%20vita%20di%20S.%20Bernardo%3B%20Spinello%20Aretino.%20-%20insieme> (ottobre 2024)

La sperimentazione del Bianchi prevedeva lo stacco dei dipinti applicandoli
“...su una stuoia (incannucciato) guazzato con calce e polvere di marmo.”⁸⁸

Una scelta tecnica motivata acutamente dall’osservazione dell’autore che notava: “su una tela conseguente a uno strappo produceva una superficie piatta e liscia, troppo uniforme, non consona alla specificità materica dell’affresco che invece veniva conservata mediante l’asportazione dell’intonaco sia con il ricollocamento su incannicciato”⁸⁹. Opinione che altri storici dell’arte e restauratori approvarono, tra cui Giovan Battista Cavalcaselle e Guglielmo Botti⁹⁰.

Per l’invenzione del trasporto sull’incannicciato, Gaetano Bianchi fu molto apprezzato⁹¹.

⁸⁸ Bollettino d’arte n. 98. Giovanni Secco Suardo, *La cultura del restauro tra la tutela e la conservazione dell’opera d’arte*. Atti del convegno internazionale di studi. Bergamo 9-11 marzo 1995.

⁸⁹ *Ibidem*.

⁹⁰ Un intervento rispondente alla metodica dello stacco con riadesione su graticola di canne è quello di Guglielmo Botti applicato sul *Giudizio universale* di Fra Bartolomeo, in origine in S. Maria Nuova a Firenze ed attualmente conservato nel Museo di S. Marco. (G. Botti, *Sul metodo di restauro praticato sugli antichi affreschi del Camposanto di Pisa. Lettera di Guglielmo Botti diretta all’illustre Commissione dell’I. e R. Accademia di Belle Arti della città*, Firenze 1858, pp. 25-26.)

Negli Studi Memofonte: “Memoria di G. Botti sul distacco dell’antico affresco esistente nel R. Arcispedale di S. Maria Nuova in Firenze, opera di Fra Bartolomeo da S. Marco e di Mariotto Albertinelli nel 1499 [...] affresco che trovai in uno stato deplorabilissimo, sia per la poca stabilità del colore che dell’intonaco di calce. Infatti quest’ultimo è quasi completamente distaccato dalla parete, dimanieraché pochi punti restano ancora adesi mentre in molte parti è imminente la caduta. Per questi ed altri inconvenienti è assolutamente necessario distaccare da quella vecchia parete quel classico dipinto con tutta la grossezza del suo intonaco di calce e ricollocarlo sulla tela [...] Il riattacco dell’intonaco distaccato vien fatto con tenacissimo glutine sopra duplice tela, affissa a forte intelaiatura di legno, nel modo stesso dei quadri a olio. Questa operazione di attaccare l’intonaco sulla tela è uno dei miei ultimi perfezionamenti, avendo osservato che oltre alla maggiore stabilità del lavoro si ottiene ancora leggerezza per il trasporto, ciò che non si ottiene riattaccandolo sull’incannicciato.” VII_2011_STUDI_DI_MEMOFONTE.pdf p.24 (ottobre 2024)

⁹¹ C. Giannini, *Lessico del restauro. Storia tecniche strumenti*, Nardini Editore, Firenze 1992, p. 61: “[...] una tecnica di stacco delle pitture murali che fu molto apprezzata perché permetteva di conservare l’intonaco con tutto il suo spessore. La pittura veniva infatti protetta da una tela applicata con colla forte di latte e farina e con una robusta intelaiatura di legno, e l’intonaco veniva staccato intero, a percussione, o aiutandosi con spatole flessibili, ed applicato ad un traliccio di canne (commesso a spranghe incrociate) con uno strato di calcina fresca [...]. Questo metodo riscosse un certo favore perché l’aspetto dei dipinti non risultava alterato dall’impiego di colle e gesso”.

Nel *Manuale del pittore restauratore* di Ulisse Forni sono descritti con accuratezza le procedure tecniche per la disposizione dello stacco su incannicciato⁹², distaccandolo con il proprio intonaco o separandolo da questo, una tecnica che lui stesso afferma essere stata messa a punto dal Bianchi con l'aiuto di Giovan Battista Ricci⁹³.

L'innovativa pratica estrattista di Gaetano Bianchi era nota a molti per i suoi sistemi sperimentali; egli oltre al supporto incannicciato, testò la buona riuscita di un distacco eseguito in un unico pezzo, una pratica che applicò all'affresco della Trinità di Masaccio in Santa Maria Novella a Firenze (Fig. 62-63). Un singolo stacco che poi fu riportato “...*su supporto rigido ma leggero che egli otteneva immergendolo nel gesso e quindi facendo irrigidire una sorta di stuoia, un canniccio, leggero quindi, ma rigido per via del gesso, che diventava il nuovo supporto degli stacchi, consentendo così di aumentare le misure e le possibilità.*”⁹⁴ Un intervento alquanto invasivo e drastico che causò alcuni danni al dipinto⁹⁵.

⁹² l'incannicciato, “fisso sul piano di un telaio, commesso a spranghe incrociate”, “... s'intonaca di calce fresca come una stuoia o un muro, e mentre è molle lo smalto, si bagna posteriormente la pittura stacca e vi si applica sopra, comprimendola in guisa che vi aderisca solidamente. Si copre con fogli di carta tutto l'intelaggio, e poi si carica colla tavola di appoggio, sulla quale si mettono dei pesi, onde l'intonaco vecchio faccia buona presa col nuovo. Dopo qualche giorno rimuovonsi i pesi, la tavola di appoggio e i fogli, lasciando libero l'intelaggio che si asciughi. Quando la calce è ben secca, si stacca l'intelaggio nel modo prescritto nel precedente cap. Questo metodo è adottabile la pittura sia di tanta grandezza che possa esser cavata per le proprie aperture del luogo, in cui si trova; diversamente è preferibile il trasporto del dipinto senza l'intonaco”. (U. Forni, *Manuale del pittore restauratore*, Successori Le Monnier, Firenze 1866., p. 28)

⁹³ “... riuscì al Bianchi di trovare il modo di riportarli sugl'incannicciati, dove si conservano più solidamente che sulle tele. Ne diede saggio quando nel 1857, coadiuvato dal predetto Ricci, distaccò i freschi esistenti in una cappella posta in un appezzamento di terreno, che in quel tempo venderono le monache di San Martino in via della Scala di questa città. Quelle pitture rappresentavano vari fatti della vita di san Bernardo degli Uberti, ed erano eseguite da esperto ma ignoto artista fiorentino, il quale vi appose la data del 1399” (Ivi. p. 23-24.)

⁹⁴ Ciatti, 2009, p. 128.

⁹⁵ Questo intervento di stacco, ardito per le dimensioni della pittura staccata in un'unica soluzione, causò alcuni danni all'opera, soprattutto nella parte bassa dove si nota ancora oggi una diffusa frammentazione e sconnessione dell'intonaco. Le vicende conservative sono

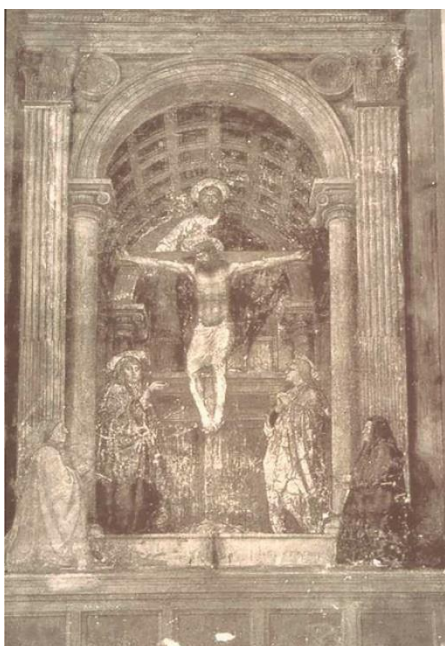


Fig. 62 Masaccio, *Trinità*, 1424-1425, Basilica di Santa Maria Novella, Firenze. Fotografia che ritrae l'opera prima dello spostamento di Tintori dalla controfacciata (tratto dal sito web dell'OPD).



Fig. 63 Parete dopo il distacco del dipinto della *Trinità* di Masaccio (fotografia tratta dal sito web dell'OPD).

Un altro esempio di applicazione a supporto incannicciato di un dipinto murale staccato è quello dell'affresco di Ambrogio Lorenzetti di un *Gruppo di quattro Clarisse*, provenienti dalla Sala Capitolare del convento di San Francesco a Siena (Fig. 64). La decorazione, riscoperta nel 1854, era coperta da uno strato di scialbo. Per via della trasformazione del complesso conventuale, fu deciso di eseguire lo stacco di ciò che era appena stato riportato in luce, tagliando le pitture per trasportarle “a massello” in altra sede. Il frammento fu venduto nel 1878 alla National Gallery, dove giunse ancora con il supporto ottocentesco di Gaetano Bianchi, ovvero con il solo intonaco

descritte nella relazione del restauro eseguito nel 1999-2000 da parte dei restauratori Fabrizio Bandini e Maria Rosa Lanfranchi dell'Opificio delle Pietre Dure.
<https://opificiodellepietredure.cultura.gov.it/attivita/masaccio-trinita-1424-1425-basilica-di-santa-maria-novella-fiorenze/> (ottobre 2024)

pittorico applicato su uno strato di incannicciato ancorato a una cornice in legno.



Fig. 64 Ambrogio Lorenzetti, *Gruppo di quattro Clarisse*, anni Venti del XIV sec., National Gallery, Londra.
Fotografia tratta da sito web dell'OPD.

4.3 Recupero delle tecniche tradizionali nell'arte contemporanea

Un esempio novecentesco di impiego del canniccio come supporto, lo ritroviamo nelle opere di *Ritorno all'ordine* di Ardengo Soffici, eseguite ad affresco su supporti tradizionali ad incannicciato⁹⁶. Un esempio è l'affresco strappato su tela raffigurante *Una contadina (donna recante un piatto)*, del 1932 e oggi conservato nelle Civiche Raccolte d'Arte a Milano (Fig. 65).

⁹⁶ “Nel 1932, coadiuvato nella preparazione dell'intonaco dall'artista Quinto Martini e nell'esecuzione dello strappo dal noto restauratore Leonetto Tintori (che ai vari metodi usati in Italia per distaccare gli affreschi dal supporto murale dedicherà nel 1961 un importante studio), Soffici inizia a realizzare affreschi su armature in rete metallica o in cannicciato intrisi in gesso, che poi strappa per trasferire su tela” (M. Pugliese, *Tecnica mista. Materiali e procedimenti nell'arte del XX secolo*, Mondadori Bruno, Milano, 2006, p. 90)

Tale uso contemporaneo del supporto stuoiato conferma nuovamente come il canniccio fosse un sistema particolarmente utilizzato nella tradizione artistica-architettonica del nostro paese. Per lungo tempo è stato considerato un materiale “umile” rispetto ad altri elementi costruttivi, ma ha avuto un’importanza cruciale nell’edificazione e conservazione di edifici storici.

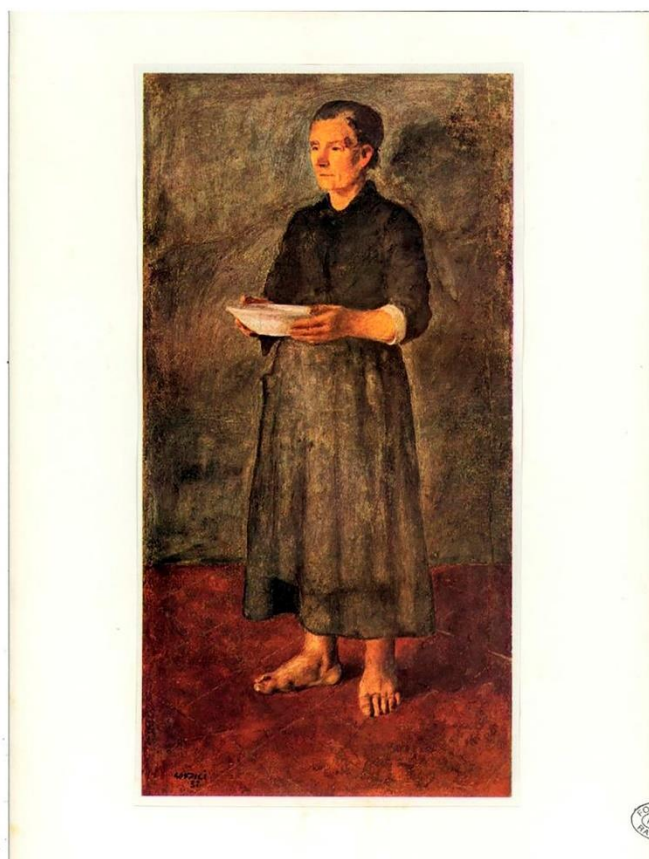


Fig. 65 Ardengo Soffici, Contadina, 1932, Galleria d'Arte Moderna, Milano.
Fotografia ricavata dalla Fondazione Ragghianti.

Capitolo 5: Le principali cause di degrado del supporto in incanniccato

Le informazioni tecniche fornite dalla manualistica storica sull'uso di stuoie sono ampie, ma spesso carenti per quanto riguarda gli aspetti conservativi e materici. Mentre si descrivono dettagli costruttivi, mancano indicazioni specifiche sulla conservazione e il recupero di questi materiali, necessarie per interventi di restauro. Questa lacuna ha portato a preferire materiali moderni, più facili da gestire, ma che compromettono l'autenticità dei manufatti storici. A tal proposito sono state raccolte considerazioni ed eseguiti studi teorico/pratici da parte degli esperti Enrico Quagliarini e Marco D'Orazio D'Orazio che hanno affrontato le cause di dissesto e il recupero di controsoffitti in camorcanna di plafoni di teatro o volte di palazzi o chiese⁹⁷. Schematicamente possiamo differenziare le cause di degrado e dissesto in base al danno e alla sua provenienza.

Processi intrinseci: il sistema del canniccio è costituito da tre elementi costruttivi di natura differente (orditura lignea-canniccio-malta), che rispondono in modo diverso alle sollecitazioni meccaniche e alle condizioni ambientali.

Generalmente sono noti e diffusi i crolli di superfici intonacate su canniccio, un danno che dipende sia da fattori collaterali che intrinseci. Sono poche le indicazioni pratiche che consigliano il modo migliore per ottenere una stuoia durevole e resistente. Sulle caratteristiche intrinseche del canniccio, incidono particolarmente il periodo di raccolta, la scelta delle canne adatte e i trattamenti d'essiccamento da eseguire prima delle loro lavorazione⁹⁸.

⁹⁷ Quagliarini, D'Orazio, 2005.

⁹⁸ Lo Scamozzi suggerisce consigli per la raccolta delle *“canne greche, cioè grosse e polpose e di color verdaccio”* mentre il Lenti consiglia l'uso di canne dai *“fusti...perfettamente maturi, duri, sani a corteccia dura”*.

“Le cannucce ben mature, secche, di color giallo...” (G. Arosio, *Enciclopedia del costruttore edile*, Hoepli, Milano 1956, p. 686.)

Per questa ragione Marco D’Orazio ha eseguito test per verificare le proprietà meccaniche e igrometriche su canne verdi di fiume non seccate (CV), su canne verdi di fiume fatte seccare dopo la raccolta (CM) e su canne secche di fiume raccolte dopo l’essiccamento (CS). È stato dimostrato un comportamento distinto tra CV e CM, CS, poiché CV presentava un contenuto d’acqua doppio rispetto agli altri due campioni.

PROPRIETA' MECCANICHE		
Modulo Elastico	~ 130000	daN/cm ²
Modulo di Poisson	~ 0.4	-
Carico di rottura a trazione di ¼ di canna Rth	~ 85	daN
PROPRIETA' IGROMETRICHE		
Capacità di ambizione	172 (CM) ; 169 (CS) ; 255 (CV)	%
Contenuto d’acqua di equilibrio	20	%

Questa analisi dimostra l’importanza del trattamento d’essiccamento delle canne prima della loro messa in opera ma anche della scelta delle canne mature da utilizzare.

Oltre allo stuoiato è da porre altrettanta attenzione al legno delle centine o dei travetti a cui questo è collegato poiché le proprietà meccaniche del materiale ligneo possono essere compromesse da molteplici fattori. Il legno ha la

“Nel suo Manuale del Costruttore (1919) Max Foerster afferma che le cannuccie vengono tagliate in concomitanza con le prime brine invernali ed essiccate poi per lungo tempo.” (Brunetti, 2016, p. 124)

caratteristica di essere anisotropo⁹⁹, perciò è fondamentale determinare quale funzione dovrà avere in modo tale da eseguire il più corretto taglio delle assi del tavolato. I degradi a cui è sottoposta la struttura lignea sono strettamente legati a caratteri intrinseci del legno¹⁰⁰.

Il comportamento della malta è invece completamente diverso da quello delle canne palustri: ha la capacità di accumulare l'acqua e di rilasciarla più o meno lentamente in fase d'evaporazione. I fenomeni che possono manifestarsi sono legati alla natura dell'intonaco: il gesso (spesso presente negli impasti) provoca variazioni di volume ciclici legati a cambiamenti termoigrometrici. Questi movimenti possono provocare sollecitazioni sia sulle stuoie che sul film pittorico. Inoltre, l'assorbimento idrico da parte del gesso può causare la sua solubilizzazione portando all'impoverimento della malta e a conseguenti fenomeni di disgregazione e migrazione di sali solubili¹⁰¹ visibili come

⁹⁹ Le caratteristiche fisiche del legno e il suo comportamento alle sollecitazioni si differenziano in base all'asse in cui si agisce o si esercita la forza: *“i tessuti cellulari da cui è composto sono orientati in modo differente: deriva che la risposta alle sollecitazioni esterne non è uguale per tutte le direzioni, ma dipende dalla direzione di questa rispetto a quelle delle fibre.”* (A. Aveta, *Consolidamento e restauro delle strutture in legno. Tipologie, dissesti, diagnostica, interventi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo 2013, p. 36)

¹⁰⁰ *“Al fine di interpretare correttamente i fenomeni di degrado per ipotizzare corretti interventi di intervento appare opportuno ricordare la composizione strutturale del materiale. Il legno è composto fino al 45% della massa totale da celle fibrose di cellulosa disposte in forma di fibre orientate, fino al 35% della massa è costituito da lignina, il componente che fornisce rigidità al materiale e ne migliora la resistenza all'attacco dei funghi mentre la rimanente parte di massa è occupata da emicellulosa, un polimero naturale che riempie gli spazi tra le fibre e definisce il grado di durezza del materiale. La componente fondamentale nella valutazione delle proprietà tecnologiche nel legno utilizzato come materiale da costruzione è il grado di essiccazione che, dal livello di saturazione presente nel materiale fresco, deve ridursi in modo tale da non superare il 10/14%, a seconda che serva per usi interni o esterni. La presenza di acqua, senza approfondire i processi chimici, di altra competenza, determina nelle travi dei solai la comparsa di fessurazioni lungo la direzione tangenziale ad esse. Inoltre, la presenza di umidità in eccesso crea un territorio ideale per la proliferazione dei miceti.”* (G. Tampone, *Conservation of historic wooden structures*, atti di convegno internazionale (Firenze, 22-27 febbraio 2005), Collegio degli Ingegneri della Toscana, Firenze 2005, p. 133.)

¹⁰¹ Migrazione di sali solubili che possono comportare ricristallizzazioni (carbonati) o efflorescenza (principalmente i sali presenti in questo genere d'ambiente sono i solfati del gesso, i fosfati e i nitrati, generati dal guano di piccione).

efflorescenze e ricristallizzazioni¹⁰². La malta, ancorata alla struttura di canne, tende a seguirne i movimenti naturali. Questo fenomeno può causare la formazione di crepe significative nell'intradosso, provocando potenziali danni alla superficie e compromettendo l'integrità del rivestimento. Talvolta, le sollecitazioni provengono da movimenti delle pareti laterali a causa di cedimenti fondali¹⁰³.

Processi estrinseci: molti possono essere i fattori che contribuiscono a dissesti strutturali e degradi del sistema incanniccato, come gli eventi accidentali (incendi, episodi sismici, infiltrazioni d'acqua...) oppure la mancata manutenzione e incuria del luogo. Frequenti sono i casi d'infiltrazioni d'acqua dalle coperture o la presenza di alte percentuali di umidità relativa nei sottotetti che favorisce l'aumento dell'umidità da condensa. Questi fenomeni hanno in comune l'acqua, tanto degradante per il canniccio quanto per gli intonaci dipinti ed eventuali elementi metallici. Le canne palustri, se esposte a contatto costante con acqua d'infiltrazione, possono degradarsi giungendo a fenomeni di marcescenza che comportano discontinuità d'adesione e di resistenza statica della stuoia. Anche gli elementi metallici usati come ancoraggio possono ossidarsi e produrre ruggine, innescando un processo di indebolimento del sistema di ancoraggio alla struttura lignea portante.

Data la natura vegetale delle travi e delle centine, i continui sbalzi termigrometrici e l'assorbimento/evaporazione di acqua d'infiltrazione, possono generare indebolimento e aumento del contenuto idrico all'interno del

¹⁰² L'acqua piovana in ambienti urbani è ricca di acidi provenienti dall'interazione con gli inquinanti gassosi azotati e solforati (piogge acide). Il pH acido dell'acqua aumenta la solubilità dei componenti del substrato, ovvero i carbonati e i solfati (gesso), che sciogliendosi possono migrare dalla stuccatura al materiale originale provocando efflorescenze o cripto-efflorescenze.

¹⁰³ Quaglierini, D'Orazio, 2005.

legno¹⁰⁴. Ciò induce fenomeni di marcescenza e favorisce attacchi biotici (funghi e insetti come tarli, tarme e termiti) i quali indeboliscono ulteriormente la struttura o ne determinano la consumazione¹⁰⁵.

Per favorire la resistenza dei cannicci agli attacchi di funghi e insetti come tarme, è di fondamentale importanza il periodo in cui vengono raccolte le canne, ovvero nella stagione invernale¹⁰⁶, così da accumulare un'alta percentuale di tannino.

Infine, possibili danni possono derivare da difetti strutturali nel sistema di centinatura o nei travetti, nonché da errori nella loro installazione. Soprattutto per le centine delle volte, il taglio deve seguire le fibre del legno, e non nel verso ortogonale, poiché ciò comporterebbe l'unione di più elementi chiodati tra loro, causando un indebolimento della centina nelle zone di chiodatura.

Errori progettuali e di messa in opera: una tipologia di dissesto legata a fattori antropici di messa in opera delle stuoie riguarda l'insufficiente collegamento tra centine/travetti e canne del canniccio, dovuto all'inadeguato aggancio dei chiodi a testa larga al legno. Se i chiodi disponessero troppo distanti tra loro e con poca regolarità, il supporto potrebbe avere una insufficiente aderenza alla struttura portante con conseguenti rischi di stabilità dell'insieme.

¹⁰⁴ Per determinare lo stato di conservazione del legno possono essere applicate analisi sull'umidità eseguite con igrometri da legno (misuratori elettrici a resistenza e a radiofrequenza), che servono per la valutazione dell'umidità contenuta negli elementi lignei, soprattutto se posizionati nei sottotetti. Il controllo del microclima di questi ambienti a forte presenza lignea è fondamentale per arginare problematiche legate alle frequenti escursioni termiche, alla scarsa ventilazione, ai surriscaldamenti e ai cicli di gelo-disgelo tanto dannosi per le strutture lignee, ma non solo.

¹⁰⁵ Insetti xilofagi che si nutrono del legno.

¹⁰⁶F. Gini, F. Piva, *"Fibre naturali e sostenibilità". L'utilizzo delle fibre di canna palustre per una tecnologia innovativa nel riedificazione del Centro d'incontro per anziani di via Vipacco*, Tesi di Laurea Magistrale, relatore Prof. Orio De Paoli, Politecnico di Torino, 2019, p. 61.

Di particolare importanza è anche la presenza di “ponti”¹⁰⁷ di malta che, se presenti creano dei ponti tra una canna e l'altra, aumentando l'aderenza dell'intonaco al canniccio.

I dissesti strutturali sono in genere provocati da una progettazione e distribuzione dei carichi, che, se eccessivi rispetto alla configurazione dell'unità strutturale, possono portare a distacchi (Fig. 66-67).

La malta sul canniccio dovrà essere omogenea su tutta la superficie affinché il peso non gravi solo su particolari zone.

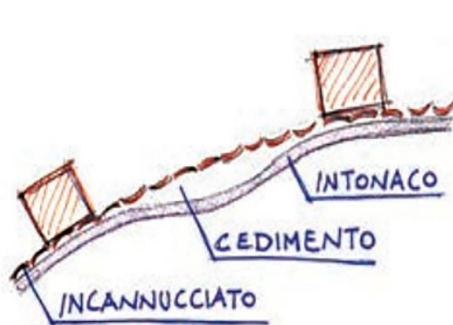


Fig. 66 Schematizzazione del cedimento dell'intonaco dal canniccio.



Fig. 67 Distacco tra centina e stuoiato. Tratta da *Restauro di volte in cannucciato e volte leggere con affreschi e stucchi*, AhRCOS S.r.l., Ancona.

La progettazione inadeguata della struttura del solaio, come nel caso di soffitti con travi principali di dimensioni insufficienti o con un interasse eccessivo rispetto alle luci degli ambienti, può causare problemi di stabilità. In situazioni simili, è necessario effettuare una valutazione accurata della stabilità dell'ancoraggio del canniccio per garantire la sicurezza della struttura.

Delle cause dei dissesti e della valutazione delle proprietà meccaniche in seguito al degrado ne fornisce un accurata descrizione di Anna Marzo nella

¹⁰⁷ Per "ponti" di malta si intende, l'accumulo di eccesso di malta sul retro del canniccio, che si forma con la pressione esercitata durante l'applicazione dell'intonaco.

sua tesi di Dottorato¹⁰⁸: tutti i danni strutturali si manifestano gradualmente sulla superficie dipinta dell'intonaco, con intensità variabile, in particolare, le sollecitazioni meccaniche, se protratte nel tempo o accentuate da fattori di degrado esterni, possono accelerare il processo di deterioramento.

Questi effetti diventano evidenti soprattutto in strutture che non hanno ricevuto adeguati interventi conservativi, poiché gli elementi costruttivi reagiscono in modo diverso alle sollecitazioni, aggravando il quadro statico e provocando danni irreversibili all'intonaco e alla superficie pittorica.

Per prevedere lo stato di degrado di questi manufatti e delle condizioni ambientali circostanti è consigliato un sistema di monitoraggio della temperatura e del livello di umidità degli ambienti così da garantire una corretta conservazione del sistema.

¹⁰⁸ Testo che si concentra sull'analisi e il recupero delle strutture lignee antiche, con una particolare attenzione al contesto storico e ingegneristico. Questo lavoro esplora metodologie di analisi teorico-sperimentali per lo studio di strutture complesse in legno antico, mettendo in evidenza le tecniche di restauro e conservazione. (A. Marzo, *Analisi e recupero di strutture lignee antiche*, Tesi di Dottorato in Ingegneria delle costruzioni, Coordinatore Prof. Ing. Federico M. Mazzolani, Università degli Studi di Napoli Federico II, novembre 2006, pp. 23-36.)

Capitolo 6: Il restauro dei manufatti in canne palustri

Per progettare un intervento di recupero o ripristino di un apparato incanniccato è di fondamentale importanza conoscere la tecnica costruttiva e le condizioni conservative dei tre elementi che compongono il sistema: la struttura portante, il supporto (canniccio) e gli intonaci.

È necessario comprendere i comportamenti alle sollecitazioni esterne, affinché si possa eseguire un intervento conservativo rispettoso della superficie dipinta, ma anche degli altri elementi costruttivi come il canniccio. La demolizione di questi elementi è ormai sistematica nei cantieri di restauro: rimosso lo stuoiato, si mettono in luce i travetti dei solai superiori, cancellando esempi di controsoffittature che recenti studi hanno dimostrato avere un'alta valenza antisismica oltre che di rispetto dei corretti parametri termoigrometrici.

I disagi che si incontrano con maggior frequenza sono discontinuità strutturali e distacchi, le cui cause sono già state descritte nel capitolo precedente. Nel caso di eventi sismici o dissesti, l'accoppiamento di materiali (canne e malta) con comportamenti meccanici opposti, la cui unione non avviene solo per aderenza tra una superficie e l'altra, può parzialmente interrompersi provocando distacchi o cedimenti.

Nell'edilizia storica l'incanniccato è stato diffusamente utilizzato per alcune delle sue proprietà¹⁰⁹. Nell'ottica di un intervento rispettoso degli elementi storici ed eco-sostenibile si deve progettare un intervento mirato all'impiego di sistemi il più possibile affini a quelli originari.

Enrico Quagliarini e Marco D'Orazio, docenti dell'Università Politecnica delle Marche, si sono focalizzati sull'analisi degli effetti meccanici e igrometrici legati all'uso di tecniche di intervento contemporanee su strutture storiche. Lo studio esamina il comportamento del sistema complesso

¹⁰⁹ Isolamento termico e acustico, leggerezza, economicità, traspirabilità e resistenza.

costituito da decorazione, intonaco, cannicciato e centina. L'obiettivo è quello di verificare, attraverso un approccio multidisciplinare (analisi storiche, sperimentali e analitiche, oltre a casi di studio), come queste tecniche influiscano sulle prestazioni strutturali e gli equilibri igrometrici dell'edificio¹¹⁰.

Particolare attenzione è dedicata all'identificazione e sviluppo di metodologie specifiche di intervento, per migliorare la durabilità e la conservazione delle strutture senza comprometterne la stabilità.

Questo approccio fornisce ai progettisti e agli operatori, strumenti idonei per eseguire lavorazioni compatibili e rispettose.

6.1 Indagini preliminari conoscitive

La constatazione dell'entità del degrado di un intonaco dipinto su supporto in canniccio può essere eseguita con tecniche d'indagine diagnostica che forniscono informazioni sulle condizioni di adesione tra gli intonaci e del supporto alla struttura portante, oltre ai valori termo-igrometrici ambientali.

Le metodologie d'indagine sono:

- Indagine visiva termografica¹¹¹

¹¹⁰ “Mancano informazioni sugli aspetti tecnici e igrometrici che possono indurre, una volta messa in opera, queste tecniche, e informazioni necessarie a guidare gli interventi progettuali. Da queste constatazioni ha preso l'avvio un programma di ricerca volto a verificare, per mezzo di analisi storiche, sperimentali, analitiche e su casi di studio, l'effetto di alcune delle attuali tecniche di intervento sul comportamento meccanico ed igrometrico del sistema decorazione-intonaco-cannicciato-centina ed a mettere a punto tecniche di intervento specifiche.” (Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 135.)

¹¹¹ Permette attraverso riprese nel campo delle frequenze dell'infrarosso di evidenziare eventuali anomalie o segni particolari di strutture. La tecnica sfrutta il fatto che qualsiasi oggetto ad una temperatura superiore allo zero assoluto emette radiazioni nella frequenza dell'infrarosso.

In generale l'anomalia termica è un'area in cui la distribuzione delle temperature si discosta dai valori medi della distribuzione dell'intera superficie. Queste aree corrispondono normalmente ai distacchi che dunque vanno cercati in tutte quelle aree dove si è riscontrato un sensibile incremento delle temperature rispetto alle circostanti aree.

- Indagine con ultrasuoni¹¹²
- Indagini videoendoscopiche¹¹³;
- La vibrometria laser Doppler a scansione (SLDV)¹¹⁴

6.2 Intervento di recupero del sistema costruttivo trave-canniccio-intonaco

Nonostante il valore storico e architettonico del sistema trave-canniccio-intonaco, spesso si assiste alla demolizione di controsoffitti storici in favore di soluzioni che prevedono l'impiego di materiali di altra natura. La decisione di intervenire con il ripristino o la sostituzione dei soffitti stuoiati dipende dalla valutazione del loro stato di conservazione che può portare ad un intervento volto al recupero e restauro del sistema originario, preservandone la valenza storica e strutturale.

Qualora si verificassero dei distacchi o delle lacune in seguito a crolli della superficie dipinta si deve valutare l'entità del distacco e determinare se

¹¹² Un'analisi di tipo qualitativo delle proprietà elastiche del mezzo indagato che permette di valutarne le caratteristiche di omogeneità, basato sulla generazione di onde elastiche in un punto della struttura al fine di eseguire. Questa tecnica permette di valutare la velocità dell'onda ultrasonica all'interno del pacchetto intonaco-canniccio: in questo modo, considerando che velocità basse corrispondono a zone degradate con fessurazioni e possibili distacchi, è possibile ottenere una corretta interpretazione delle misure delle lesioni rilevate con la restituzione grafica del quadro fessurativo. (Stagno G., Costantino E., Rosina E., *Volte in canniciato: una metodologia sperimentale per la diagnosi. Il Palazzo Municipale di Via Poli in Ponte Decimo-Comune di Genova*, Conferenza AIPnD, Contributo in Atti del Convegno, Firenze 26-28 ottobre 2011, p. 5.)

¹¹³ Lo strumento usato è un endoscopio flessibile, esso viene introdotto in una fessurazione esistente o una perforazione di piccolo diametro praticata nel soffitto con taglio del supporto; tramite questo strumento è possibile valutare le dimensioni degli elementi, gli spessori di intonaco e canniccio e verificare l'eventuale presenza di elementi degradati. L'impiego di questo strumento di indagine è essenziale nel caso in cui la natura del supporto dell'intonaco non sia desumibile con certezza dalla semplice indagine visiva o sia ipotizzabile solo in via teorica. (*Ibidem*)

¹¹⁴ Una tecnica innovativa che permette di rilevare la velocità di vibrazione degli elementi esaminati senza necessità di il contatto: essa consente di pervenire a una caratterizzazione quali-quantitativa di rivestimenti superficiali e strutture murarie, relativamente al grado di ammortamento e di vincolo, e alla presenza di difetti e distacchi. (Brunetti, 2016, p. 338)

intervenire dall'intradosso, ovvero direttamente sulla superficie, o nell'estradosso del sottotetto, rimuovendo il solaio.

Estradosso

Le principali problematiche di questi ambienti riguardano le condizioni termoigrometriche sfavorevoli, caratterizzate da un circolo d'aria limitato e da un accumulo di calore che crea una situazione di stagnazione¹¹⁵. Questo ristagno di aria calda può compromettere le strutture e facilitare la crescita di muffe o funghi. Inoltre, nei sottotetti si trovano comunemente depositi di polvere, guano o residui di legno, che possono rendere più complessa la manutenzione, pur non essendo direttamente correlati alle problematiche strutturali. Generalmente si opera sull'estradosso nei casi in cui il supporto stuoiato presenti discontinuità con la superficie lignea delle travi o delle centine, o per intervenire sull'orditura lignea portante ammalorata.

La prima fase è mirata alla verifica dello stato di conservazione attraverso analisi visive e diagnostiche della struttura, con eventuale operazione di messa in sicurezza¹¹⁶. In seguito, è necessario provvedere a un'accurata pulitura delle aree da trattare, sia della struttura lignea che del retro della stuoia ancorata, con spazzolatura o sabbiatura controllata. In questo modo si renderanno visibilmente più chiari segni di degrado come fessurazioni o distacchi. In caso di attacchi da insetti xilofagi o presenza di patine biologiche è necessario provvedere a interventi di disinfestazione e disinfezione tramite applicazione di sostanze biocide applicate a pennello o a spruzzo. Dal punto di vista statico è necessario accertare se la struttura lignea è ancora capace di

¹¹⁵ Fattore che deve essere tenuto di conto nella scelta delle metodologie tecniche.

¹¹⁶ Sia dell'estradosso che dell'intradosso (con puntelli).

svolgere le sua funzione portante¹¹⁷, o se si deve prevedere un'operazione di consolidamento¹¹⁸.

Gli interventi di recupero del canniccio hanno evidenziato varie problematiche legate alla natura eterogenea del sistema, che combina materiali diversi (canne, legno, intonaco) e reagisce in modo non uniforme a fattori esterni (Fig. 68). La difficoltà di reperimento dei materiali e la carenza di manodopera specializzata ha spesso indirizzato gli interventi su strade alternative.

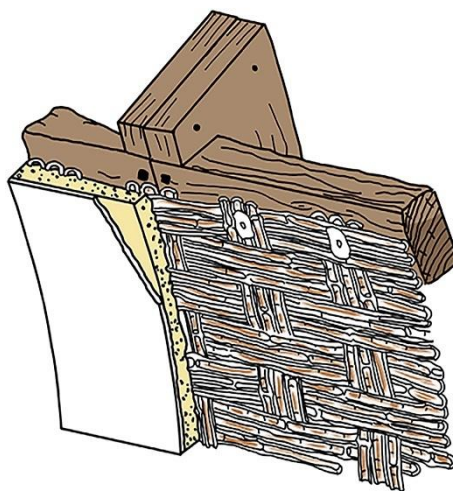


Fig. 68 Schema del sistema intonaco-arriccio-canne-legno di una superficie voltata.
Immagine tratta da sito web dell'azienda KIMIA.

Nella storia della costruzione edilizia sono stati molti gli esperti che hanno riportato informazioni tecniche e storiche per la messa in opera di sistemi architettonici, talvolta anche riguardo al consolidamento del sistema alla struttura lignea¹¹⁹.

¹¹⁷ “Gli elementi lignei, che per loro natura presentano una forte deperibilità ed una vita utile molto limitata, rientrano in una consuetudine operativa tradizionale del recupero o, meglio, della manutenzione, che prevedeva la pratica di sostituire le parti ammalorate con altre di identica fattura. In questo caso la scelta dei materiali di sostituzione, la stessa essenza, un grado di essiccazione compatibile con quella del manufatto in cui inserire le parti nuove, trattamenti di preparazione adeguati, non alterava, se non in maniera impercettibile, l'autenticità del manufatto.” (Tampone, 2005, p. 133.)

¹¹⁸ Aveta, 2013, pp. 94-99.

¹¹⁹ Nelle *Istituzioni pratiche elementari sull'arte di costruire le fabbriche civili* (1862) di Antonio Cantalupi, nel paragrafo *Plafoni o stuojiati*.

Fin dal XIX secolo sono documentate tecniche di ripristino dell'adesione, Antonio Cantalupi riconosce che in Italia centro-settentrionale l'ancoraggio del canniccio alle travi prevedeva l'impiego di corde in canapa¹²⁰ imbevute di pece o cera¹²¹, chiamate 'bandolo' o 'laza'¹²². Questo sistema di consolidamento comprendeva tutto il sistema trave-canne-intonaco. Per l'ancoraggio delle canne all'intonaco si applicavano sulla superficie dell'estradosso fasce di tela di juta/canapa immerse nel gesso¹²³, sia sul retro del canniccio, che sulle travi o centine di legno, talvolta sovrapponendo più strati (Fig. 69).



Fig. 69 Intervento con fasciature di tela di juta e gesso su superficie estradosale di una volta. Fotografia tratta da Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 94.

¹²⁰ *“Le legature in canapa (bandolo o laza) tipiche del XVIII secolo saranno progressivamente sostituite dal giunco lacustre a cui si sostituiranno infine i fili metallici nelle stuoie di produzione industriale nate nel XX secolo e spesso tuttora in uso, soprattutto nei casi di sostituzioni o di integrazioni di vecchi stuoiati.”* (Brunetti, 2016, p. 238)

¹²¹ *“(le canne) vi si fermano né con chiodi, né con fili di metallo, specialmente di ferro, di cui presto la ruggine tutti se li mangia, ma cucitevi [...] con cordicella, o sia spago grossetto di fiore di lunga e nerboruta canape, non puro [...] ma penetrato da bollente pece navale, sola se d'estate, e mescolata con un poco di cera, se d'inverno”,* (L. M. De Vegni, *Volte leggieri di canne e simili*, in «Memorie per le belle arti», IV, 1788.)

¹²² Chiamata così nell'area dell'Emilia-Romagna.

¹²³ Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 79.

Nei manuali la stesura di uno strato di gesso sul canniccio è consigliata per proteggere l'estradosso dal guano degli uccelli, da depositi e infiltrazioni d'acqua.

Questo sistema, apparentemente compatibile matericamente con l'opera e il supporto originario, è stato via via abbandonato per i seguenti motivi:

- l'igroscopicità del gesso permette l'assorbimento di umidità e acqua d'infiltrazione che provoca un incremento del peso dell'opera;
- appesantimento della superficie poiché le fasciature applicate possono raddoppiare il carico da sostenere gravando ulteriormente sul sistema;
- modifica della traspirabilità dell'opera, dal punto di vista termoigrometrico gli ambienti dei sottotetti il circolo d'aria è ridotto e l'aggiunta di materiali superficiali non permette agli intonaci originali di svolgere liberamente i processi di assorbimento ed evaporazione.

Per queste ragioni il sistema è stato sostituito con la semplice stesura sulla superficie di uno strato di malta contenente gesso, in genere coerente con quella originaria o talvolta solo con uno strato di gesso. Anche a questo metodo sono connesse problematiche di non poco conto dovute principalmente all'incremento di peso (fino e superiore in alcuni casi, al 100%), e all'utilizzo di un materiale come il gesso per le sue caratteristiche igroscopiche può essere fonte di degrado specialmente a carico dell'intradosso di pregio¹²⁴.

Nel corso del XX secolo, con la produzione su ampia scala delle resine sintetiche, si è assistito all'introduzione di tecniche d'intervento che si sono allontanate dal rispetto del materiale costitutivo. L'impiego dei materiali

¹²⁴ Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 114.

compositi ha preso campo nel settore edile e del restauro¹²⁵, semplificando molte fasi operative.

Questi materiali, comunemente noti con l'acronimo inglese FRP (Fiber Reinforced Polymer), sono usati per interventi di ripristino e di rinforzo di costruzioni in muratura. I vantaggi sono la maggior leggerezza, la messa in opera senza l'ausilio di particolari attrezzature, il posizionamento in tempi brevi e spesso senza interrompere l'esercizio della struttura, il rinforzo per la resistenza a trazione¹²⁶, e il modulo elastico¹²⁷. Il connubio muratura-compositi FRP permette di conferire alle strutture caratteristiche meccaniche idonee a diminuire la vulnerabilità, mantenendone inalterato il funzionamento strutturale. L'intervento di rinforzo ha lo scopo di conseguire, prioritariamente, per i singoli elementi strutturali e per l'intera costruzione un incremento di resistenza nei confronti delle azioni sollecitanti.

Tali materiali si trovano in diverse forme: reti, funi, fibre libere, etc. ; nel campo della conservazione dei soffitti e delle volte incannicciate sono state applicate con maggior frequenza le reti mono o bidirezionali in fibra di vetro, in basalto o in carbonio¹²⁸, abbinate a resine epossidiche. Questi sono materiali molto diffusi in edilizia, talvolta applicati in modo inappropriato o poco coscienzioso, probabilmente per le ridotte conoscenze e per la penuria di studi specifici. Rimangono dunque da chiarire i dubbi, riguardo la possibile applicazione di tali materiali su estradossi di beni culturali tutelati, pitture di

¹²⁵ “L'utilizzo degli FRP (Fiber Reinforced Polymer) nel campo dell'ingegneria civile riguarda essenzialmente il settore del restauro delle strutture degradate o danneggiate e quello dell'adeguamento statico delle strutture edificate in zona sismica; in questi settori è evidente la difficoltà operativa alla quale si va in contro se si volessero utilizzare tecniche di intervento che sfruttano materiali tradizionali.”

(V. Alvaro, *Materiali innovativi e riabilitazione strutturale ls materiali compositi a matrice cementizia per i rinforzi strutturali*, Tesi di Laurea in Ingegneria, relatore prof. Giovanni Pascale Università di Bologna, 2006-2007, p.6).

¹²⁶ risulta essere ben al di sopra dei tassi di lavoro.

¹²⁷ più tale valore è elevato maggiore sarà il contributo irrigidente che il rinforzo potrà fornire all'elemento strutturale sul quale è applicato.

¹²⁸ Spiegate approfonditamente nella Tesi di Laurea di V. Alvaro, 2006-2007.

volte o soffitti realizzati con il canniccio. Alcune valutazioni sono state affrontate da Enrico Quagliarini e Marco D'Orazio a proposito della lettura del comportamento meccanico del sistema originario e con l'utilizzo di FRP con resine epossidiche, ma anche la verifica degli effetti di questi interventi sul comportamento termo-igrometrico attraverso test a stress termico, con prove in una camera climatica¹²⁹.

Le applicazioni delle reti FRP hanno lo scopo di sostituire la tecnica di fasciatura con fasce di juta e gesso¹³⁰, così evitare problemi d'igroscopicità e soprattutto d'appesantimento, garantendo maggiore resistenza meccanica al sistema instabile¹³¹. La loro applicazione può essere eseguita con diverse tecniche distinte in base alla ricongiunzione da effettuare.

Per eseguire un'operazione di riadesione tra i tre componenti del sistema orditura lignea-canniccio-intonaco si eseguono tecniche come:

1. Rete FRP adesiva con uno strato di resina epossidica (Fig. 70-71);
2. Blocchi di legno incollati con resina epossidica alla superficie lignea delle centine/travi (Fig. 72);
3. Lana di vetro e resina epossidica;
4. Fibra di basalto e sistemi d'ancoraggio;

¹²⁹ Quagliarini, D'Orazio, 2005, pp. 101-138.

¹³⁰ Allo stato attuale, le tradizionali tecniche di intervento per il recupero e la messa in sicurezza di tali strutture, basate su "cappe" estradosali in tela di juta e gesso per il consolidamento del tessuto di canne e dell'intonaco e sul rinforzo delle centine lignee mediante sostituzione o rinforzo degli elementi, sono state sostituite da un'unica operazione che prevede l'applicazione di fasciature di materiali compositi (FRP), e più specificatamente in fibra di vetro monodirezionale e resina epossidica, applicate a fasce sull'intera superficie della volta e risvoltate sulle centine.

¹³¹ Tale intervento permette di riagganciare la camorcanna alla struttura lignea portante, rafforzando quest'ultima e al contempo permette il consolidamento dell'intonaco dall'estradosso, limitando notevolmente l'aumento dei pesi (le tradizionali tecniche di intervento con "cappe" in gesso e tela di juta, invece, hanno il difetto di incrementare notevolmente i carichi verticali in gioco, anche del 100%, sulla struttura). In questo caso i tessuti in fibra di vetro sostituiscono la tela di juta e le resine epossidiche il gesso, riagganciando l'incannucciato alla struttura lignea portante e consolidando quest'ultima aumentandone le caratteristiche meccaniche. Il consolidamento con FRP comporta alla struttura voltata un sovraccarico di circa 4-10 daN/mq, assolutamente trascurabili anche in relazione ai benefici introdotti e di gran lunga minori rispetto agli interventi del passato costituiti dalle cappe in juta e gesso.



Fig. 70 Consolidamento con fasce di FRP e resina epossidica. Fotografia tratta da Fabbri, *Analisi numerica di volte in camorcanna e gesso rinforzate con materiale FRP*, 2009/2010, p. 23.



Fig. 71 Consolidamento con fibra di vetro e resina epossidica dell'estradosso del Teatro di Pieve di Cento. Fotografia tratta da Brunetti, 2016, p. 317.

Il caso applicativo n. 1 è una tecnica individuabile nel restauro eseguito nel Teatro della Pieve di Cento, una delle pratiche più diffuse per la facilità e la reperibilità dei prodotti. Nel caso in cui il distacco tra legno e stuoiato fosse diffuso è possibile porre in opera fasce estradossali sempre in FRP a cavallo dei tambocchi aventi la stessa funzione dei cavallotti posizionati sulle centine¹³². Le resine impiegate sono fortemente adesive e irreversibili, inoltre presentano una viscosità semi-liquida che si adatta alle irregolarità della superficie. La loro applicazione può essere localizzata o più diffusa; in questo caso potrebbero compromettersi le prestazioni dell'intervento, creando una vera e propria calotta o superficie rigida. Soprattutto laddove sono coinvolte le centine o le travi si potrebbero irrigidire le connessioni, generando un cambiamento del comportamento meccanico.

¹³² Una volta pulito l'estradosso, si applica sull'incannicciata una resina bicomponente ad alta penetrazione per consolidare e rendere antipolvere l'interfaccia; successivamente, si stende per uno spessore complessivo di 2-3 mm una resina epossidica bicomponente adesiva, impregnando a fresco un tessuto di fibre di vetro ad alta resistenza; si esegue poi una successiva saturazione della stuoiata con resina; eventualmente è possibile concludere l'operazione con la stesura di un secondo strato di tessuto ed impregnazione con resina. È importante che le resine abbiano una grande potenza adesiva e che esse presentino una certa lavorabilità per poter seguire le irregolarità della volta.

Per le stesse ragioni anche il secondo caso¹³³ applicativo si può considerare non idoneo, i blocchi di legno incollati all'orditura lignea portante comprometterebbero i movimenti di scorrimento e adattamento del sistema. Inoltre, creando uno strato impermeabile di resina si impedirebbero i naturali scambi di umidità tra l'interno e l'esterno del sistema con l'innesco di fenomeni di degrado della struttura e dell'apparato decorativo ¹³⁴. Inoltre l'impiego delle resine epossidiche a contatto con materiali di origine naturale deve essere limitato.



Fig. 72 Aggancio centina e stuoiato mediante blocchi di legno e resina epossidica.
Fotografia tratta da Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 90.

Nonostante ciò, i sistemi rinforzati in assenza di adesione con resina epossidica, garantiscono la traspirabilità e un buon adattamento superficiale. Tecnica che limiterebbe ulteriormente la traspirabilità dell'opera data l'assenza di punti scoperti.

Le reti in materiale composito FRP (Fiber Reinforced Polymer) sono sintetiche e non risultano coerenti con i materiali originari delle opere d'arte o degli edifici storici. Tuttavia, il loro utilizzo è spesso giustificato dalla comprovata resistenza alle sollecitazioni meccaniche e la durabilità nel tempo. Uno degli aspetti problematici nell'impiego delle reti FRP è l'uso di

¹³³ Pratica attuate nell'estradosso del plafone del Teatro Lauro Rossi di Macerata.

¹³⁴ Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 95.

resine epossidiche per l'adesione che possono risultare poco compatibili con i materiali tradizionali. A tal proposito sono attualmente in corso sperimentazioni volte a sostituire le resine epossidiche con materiali più compatibili e trovare soluzioni che garantiscano sia la necessaria resistenza strutturale che una maggiore coerenza con i materiali storici, riducendo così il rischio di interventi irreversibili o dannosi per l'opera. Inoltre, i materiali naturali in confronto a le FRP, hanno la capacità di modificarsi e adattarsi alle condizioni ambientali, come umidità e temperatura. Un concetto di ritrattabilità che rende questi materiali sensibili e reattivi.

Nel caso n. 4 la tecnica utilizzata è sempre costituita da sistemi FRP con un prodotto più compatibile con i materiali costitutivi dell'opera. Tale tecnica è stata testata in due differenti cantieri con differenti modalità (Fig. 73-74):

1. Nella chiesa di San Carlo de' Barnabiti a Firenze, sulle centine in legno, sono state applicate fibre di basalto adese con una miscela di polpa di cellulosa e resina acrilica¹³⁵. Con questa metodica poco invasiva sono state mantenute le proprietà meccaniche del legno;

Fig. 73 Foto tratta da Conti, Fiorini, Mastrodicasa, 2022. n. 71.



¹³⁵ È costituita dalle fibre di basalto ancorate con viti metalliche o in legno e coperte da resina acrilica additivata con vari elementi (ad es. polpa di cellulosa), caratterizzate da migliori proprietà meccaniche. (L. Romano, *Coperture voltate in legno. Un bilancio dal cantiere di restauro e prospettive di intervento*, in Atti SIRA Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità, Edizioni Quasar di S. Tognon srl, Roma 2023, p. 699.)

2. Nel cantiere di Villa Greppi in Monticello Brianza in cui è stato effettuato un consolidamento dell'estradosso con fasce di fibra di basalto ricoperte da malta igroscopica traspirante a base di calce naturale pura e con cavi in acciaio ancorati all'orditura lignea per il miglioramento della connessione centine-stuoiato. Tale soluzione prevede l'inserimento di viti passanti, in acciaio o legno, per ancorare la l'ancoraggio della fibra di basalto. Entrambe queste tecniche sono leggere, più compatibili e mantengono la resistenza alle sollecitazioni meccaniche.¹³⁶



Fig. 74 Foto tratta da Annessi et al, 2020, p. 44.

Un'altra pratica di consolidamento del sistema stuoia-intonaco-volta utilizzata per ricreare una connessione tra le due parti è l'applicazione di strati di malta sul tergo del canniccio visibile dall'estradosso¹³⁷. In passato il gesso è stata la materia prima di questi interventi, sostituita in epoca recente da

¹³⁶ Romano, 2023, p. 698.

¹³⁷ “Il legante inorganico a base di calce idraulica naturale, senza additivi sintetici o cementizi, è chimicamente simile alle vecchie malte da costruzione: a basso contenuto di sali idrosolubili, per cui non favorisce la proliferazione di microrganismi o batteri, è permeabile al vapore d'acqua quindi ha un'alta traspirabilità, contribuisce quindi a risolvere il problema dell'umidità consentendone e filtrandone lo scambio con l'ambiente interno; infine è caratterizzato da una buona resistenza meccanica, non subisce dilatazioni termico-igrometriche causate dai raggi solari o dalle infiltrazioni d'acqua.” (Brunetti, 2016, p. 318).

malte dotate di *“potere adesivo e di buone proprietà traspiranti, ma non eccessivamente rigida, visto che lo stuoiato di canne amplifica di per se la capacità di resistere a scorrimento delle malte a basse proprietà meccaniche, così da permetter eventuali scorrimenti relativi all’intonaco intradossale”*.¹³⁸

Per mantenere un’analogia con le tecniche di consolidamento usate in passato, venivano usate malte a base di gesso *“per la rapida resa, la capacità d’adesione”*¹³⁹, distribuite su tutta la superficie come a formare una calotta¹⁴⁰, con problematiche associate¹⁴¹. Il laboratorio del dipartimento di Architettura per le costruzioni e Strutture dell’Università Politecnica delle Marche, ha svolto indagini con provini di consolidamento dell’estradosso della stuoia con malte e altri prodotti al fine di determinare i materiali più o meno compatibili con il sistema. Sono stati condotti tre test: malta della stessa composizione dell’originale (n. 1), malta a base di grassello di calce (n. 2), e una a base idraulica con pozzolana additivata con resine (n. 3). Sono state confrontate le caratteristiche meccaniche¹⁴², evidenziando che la malta idraulica ha il miglior comportamento adesivo, capace di ricostituire i ponti, al contrario della malta aerea con grassello di calce, considerata meno idonea.

¹³⁸ Quaglierini, D’Orazio, 2005, p. 237.

¹³⁹ Ivi. p.114.

¹⁴⁰ Tecnica che in passato era consigliata per proteggere i controsoffitti da detriti, guano di uccelli, roditori, eventuali infiltrazioni d’acqua presenti nel sottotetto.

¹⁴¹ Incremento di peso, accumulo d’acqua e umidità data dalla capacità igroscopica del gesso e una diversa traspirabilità.

¹⁴² Ivi. pp. 79-80, 114-116.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MALTE SPERIMENTATE					
Tipo di malta	Densità (g/cm ³)	Resistenza a flessione (daN/cm ²)	Resistenza a compressione (daN/cm ²)	Modulo elastico (daN/cm ²)	Coeffic. di Poisson
Intonaco antico	1.6	3.3	58	54200	0.19
Malta a base di grassello di calce	1.8	101	418	129600	0.21
Malta a base di calce idraulica pozzolanica additivata con resine	1.64	7.1	25	27200	0.16

TENSIONI TANGENZIALI MEDIE DI ADERENZA DELLE MALTE CON L'INTONACO ANTICO	
Tipo di malta	Tensioni tangenziali medie di aderenza (daN/cm ²)
Intonaco antico	0.53
Malta a base di grassello di calce	0.73
Malta a base di calce idraulica pozzolanica additivata con resine	0.2

Per i distacchi localizzati esistono tecniche alternative, come le infiltrazioni di prodotti con proprietà adesive. Se l'operazione viene eseguita dall'estradosso è preferibile scegliere un prodotto adesivo con capacità tixotropiche e dal basso peso specifico per non compromettere la superficie dipinta e non aggiungere ulteriore carico alla struttura¹⁴³. È comune l'uso di resine riempitive additivate con cariche inerti o di semplici malte. Un'alternativa più compatibile con la materia originaria sono le nuove malte aeree o idrauliche, additivate con adesivi naturali o resine sintetiche (tra cui intonaco antico, malte a base di grassello di calce e malte a base di calce idraulica), in corso sperimentazione. La malta a base di calce idraulica pozzolanica additivata con resine ha un'ottima resistenza e ha una maggiore capacità di aderenza al supporto originario.

Osservando le esperienze descritte nei casi studio precedenti, è fondamentale rivedere l'approccio alla riadesione dei diversi elementi del sistema. Invece di un'applicazione uniforme su tutta la superficie, è più appropriato adottare interventi localizzati in modo da rispettare i comportamenti naturali dell'opera, e consentire una migliore adattabilità alle sollecitazioni meccaniche e alle caratteristiche specifiche dei materiali originali. Utilizzando tecniche di applicazione meno invasive, si può evitare di compromettere la stabilità complessiva del dipinto garantendo una più corretta conservazione.

Come interventi puntuali per riconnettere il canniccio alle stuoie, si possono ad esempio applicare punti di malta (come sostituto delle FRP con resine epossidiche). Con la stessa funzione vengono eseguite *“chiodature chimiche, continue e/o discontinue che utilizzano resine”*¹⁴⁴ per ripristinare il

¹⁴³ Metodo applicato nel cantiere del restauro delle volte di Palazzo Jona an Ancona. (Brunetti, 2016, p. 91.)

¹⁴⁴ Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 116.

collegamento fra centina e stuoiato di canne. Questa tecnica è denominata anche “molle deformabili” (Fig. 75-76), ed è stata studiata dal dipartimento di Architettura per le costruzioni e Strutture dell’Università Politecnica delle Marche che ha effettuato valutazioni sulle proprietà adesive, di tenuta alle sollecitazioni meccaniche e termiche, comparandole poi con i risultati ottenuti da test di consolidamento con fasciature in FRP e con pannelli non trattati.



Fig. 75 “Molla” deformabile puntuale di collegamento tra centina e canniccio realizzata con resina epossipoliuretanica. Fotografia tratta da Quaglierini, D’Orazio, 2005, p. 119.



Fig. 76 Rinforzo delle “molle” con fibra di vetro e resina epossidica (C4-C5). Fotografia tratta da Quaglierini, D’Orazio, 2005, p. 119.

Le “molle” sono state realizzate con resina epossipoliuretanica, da abbinare a chiodature e talvolta con reti in fibra di vetro. Le molle, costituite da un composto plastico, vengono disposte lungo l’orditura lignea nel punto di contatto tra queste e il canniccio, con la forma di un cordone di sezione triangolare.

La loro applicazione è stata testata a seconda del metodo di stesura:

1. C1 – cordone continuo di aggancio alla centina-camorcanna in resina epossipoliuretanica;
2. C2 - cordone continuo di aggancio alla centina-camorcanna in resina epossipoliuretanica e fasciatura estradossale continua con resina epossipoliuretanica e fibre di vetro;

3. C3 - cordone continuo di aggancio alla centina-camorcanna in resina epossidica e fibre di vetro; fasciatura estradossale puntuale in resina epossidica e fibre di vetro;
4. C4 - cordone puntuale di aggancio alla centina-camorcanna in resina epossidica e fibre di vetro; fasciatura estradossale puntuale in resina epossidica e fibre di vetro;
5. C5 - cordone puntuale di aggancio alla centina-camorcanna in resina epossidica e fibre di vetro; fasciatura puntuale in resina epossidica e fibre di vetro, con il collegamento centina – camorcanna senza chiodatura.

PROVE DI FLESSIONE		
	Deformazioni	Abbassamento in mm
Provino non consolidato NC	2.21 E-05	2.60
Provino consolidato FRP C	8.37 E-05	1.09
Provino consolidato C1	6.37 E-05	2.10
Provino consolidato C2	8.24 E-05	2.14
Provino consolidato C3	7.24 E-05	2.14
Provino consolidato C4	2.75 E-05	1.92
Provino consolidato C5	9.99 E-06	2.39

La possibilità di “agganciare” il sistema con sistemi a molle deformabili è stato ritenuto una tecnica di consolidamento della struttura più che consona, gli esperti hanno affermato che: *“L'utilizzo delle molle in maniera discontinua, per contro, riesce a garantire una maggiore adattabilità dell'incannucciato rispetto alle sollecitazioni esterne, evidenziano la stretta analogia del sistema originario, garantendo così, una trasmissione delle*

sollecitazioni sull'intonaco intradosso piuttosto contenuta a maggiore tutela dell'intradosso di pregio.”¹⁴⁵

Finora è stato affrontato solo il tema dei distacchi del sistema ma talvolta, laddove vi siano porzioni localizzate di canniccio ammalorato o instabile, è possibile aggiungere una nuova porzione di stuoiato da ammorsare bene alla superficie con una malta idonea o persino sostituirlo con una nuova porzione di stuoia (Fig. 77), in base alle caratteristiche dello stuoiato originario. In entrambi i casi sono interventi da effettuare solo dalla superficie estradosale. Qualora le lacune fossero di grave entità, dovute al crollo della superficie dipinta, l'intervento mirerà all'applicazione di un nuovo supporto sul quale riaderire i frammenti pervenuti; anche questo è un intervento da svolgere sull'intradosso.



Fig. 77 Ripristino del canniccio ammalorato o in presenza di lacune con l'inserimento di una nuova stuoia di canne. Fotografia tratta da Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 93.

¹⁴⁵ Quagliarini, D'Orazio, 2005, p. 117.

Intradosso

La scelta di un nuovo supporto deve essere anticipata da una prima fase conoscitiva del sistema costruttivo e dei materiali impiegati, uno studio che consente di individuarne le vulnerabilità e i processi di degrado in atto, Durante questa fase vengono effettuate analisi in laboratorio su campioni prelevati in situ.

Le metodologie d'intervento per la conservazione dei dipinti murali sono molteplici e variano in base ai principi su cui si fondano, nonché al tipo di supporto e ai materiali utilizzati. Questi interventi possono includere tecniche di riadesione, consolidamento, e protezione, ognuna delle quali è progettata per rispondere alle specifiche esigenze del supporto e delle opere d'arte.

Per il ripristino delle funzioni strutturali di volte e soffitti, prima dell'avvento dei materiali plastici, fu fatto ampio uso delle reti metalliche. Nel XX secolo i supporti tradizionali in camorcanna sono definitivamente sostituiti da reti di filo di ferro, e talvolta da lastre di materiale leggero, Eraclit , Populit, Masonite. Più raramente è avvenuto il ricorso all'applicazione di tele di juta ben tese e fissate fra i travicelli e sulle quali si incolla con pasta di grano della carta sottoposta in seguito a tinteggiatura. Nel caso delle reti in ferro sono apparentemente resistenti e durevoli che però hanno generato il deterioramento delle strutture, causato all'interazione chimica e fisica tra il ferro e la malta, soggetti al fenomeno di corrosione¹⁴⁶. Tali degradi sono frequenti: degli esempi sono stati individuati nel Teatro Nuovo di Mirandola (Fig. 78-79) e nel Teatro Sociale di Novi di Modena (Fig. 80-81). In quest'ultimo i danni sono stati generati in seguito al sisma del 2012 si presentarono problemi statici dei controsoffitti, che causarono crolli e

¹⁴⁶ Causato da processi elettrochimici che si originano quando ossigeno e acqua (umidità) vengono contemporaneamente a contatto con il materiale. La velocità di un processo di corrosione omogeneo e costante ha come risultato l'assottigliamento progressivo e omogeneo del metallo.

distacchi a causa: di processi corrosivi e di pregresse infiltrazioni che ne avevano minato la consistenza e la tenuta¹⁴⁷.



Fig 78-79 Uso delle rete metallica come supporto per il plafone del Teatro di Mirandola. Fotografia tratte da Brunetti, 2016, p. 242.

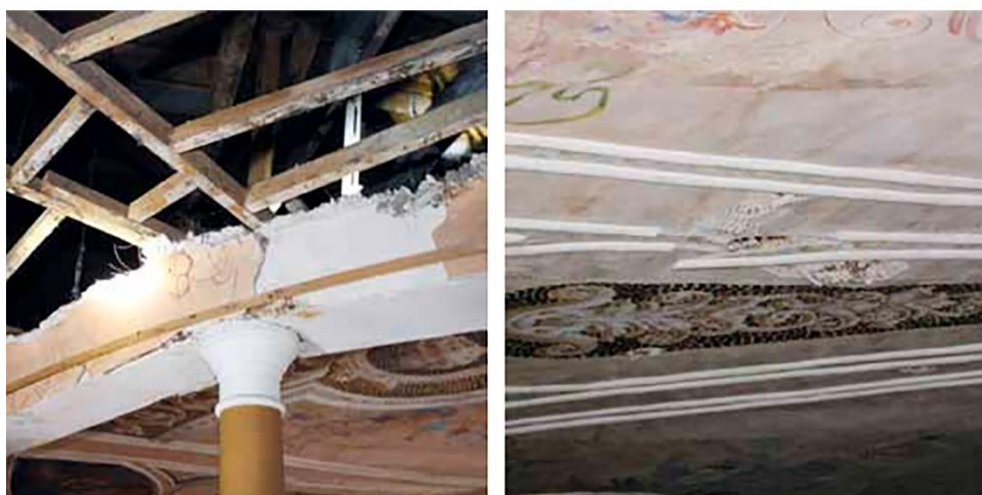


Fig. 80-81 Plafone del Teatro Sociale di Novi di Modena. Presenza di rete metallica visibile dalle lacune di intonaco. Fotografia tratta da Brunetti, 2016, p. 471.

Nonostante episodi di cattivo impiego, le reti metalliche sono oggi considerate di fondamentale importanza per il ripristino di porzioni instabili di muratura o come nuovo supporto. Le reti in acciaio inossidabile permettono l'uso in sicurezza del metallo a contatto con intonaci. Uno dei

¹⁴⁷ Brunetti, 2016, p. 471.

prodotti odierni più idonei per la ricostruzione di aree crollate della controsoffittatura è la rete "*Nervometal*", una rete metallica nervata, ricavata da nastro zincato sendzimir, che permette di realizzare un'armatura ideale per intonaci, costruire da nuovo archi, volte e controsoffitti dalle più articolate forme¹⁴⁸. Un caso studio d'applicazione di reti metalliche per l'intervento di ripristino di controsoffitti incannicciati crollati possiamo trovarlo nel cantiere di Villa Salluzzo Bombrini a Genova (Fig. 82), approntando nella mancanza un supporto con doppia rete in ferro zincato resistente all'acqua (maglia fine + maglia larga), fissata ai bordi delle centine con viti autofilettate e rondelle in acciaio e sostenuta al centro, mediante cavetti in acciaio, da due traversi in compensato marino.



Fig. 82 Dipinti a fresco di Lazzaro Tavarone, nella sala del Paradiso all'interno della Villa Saluzzo Bombrini (1614).
Fotografia tratta da le Guide Pratiche n. 58.



Fig. 83 *Nervometal* portaintonaco in ferro zincato (foto dal web).

Le reti metalliche *Nervometal* (Fig. 83) sono materiali versatili ed efficienti, nonostante la loro parziale inerzia hanno comportamenti molto differenti rispetto ai materiali originali, per questo ultimamente vengono proposte delle alternative più compatibili e sostenibili alle FRP, che prevedono

¹⁴⁸ Le nervature superficiali permettono di trattenere e far aderire meglio la malta da stendervi sopra, inoltre contribuiscono a evitare la formazione di crepe e fessure garantendo traspirabilità agli intonaci. La rete ha uno spessore di 0,30 mm, che fornisce una buona resistenza meccanica senza aggiungere un peso eccessivo alla struttura.

l'applicazione di fibre di origine vegetale (biocompositi, NFRP: *natural fiber reinforced polymer*)¹⁴⁹. Le fibre di lino, canapa e juta¹⁵⁰ vengono messe in opera con malta a base di calce o bioresine che hanno proprietà meccaniche comparabili a quelle tradizionali¹⁵¹. Poiché i composti FRP (polimeri rinforzati con fibre) sono stati sviluppati come alternativa a materiali edili pesanti come calcestruzzo, legno, acciaio e alluminio, che sono noti per le loro elevate emissioni di CO². Tuttavia, nonostante questi vantaggi, gli FRP (Fig. 84) sono realizzati principalmente con risorse non rinnovabili.

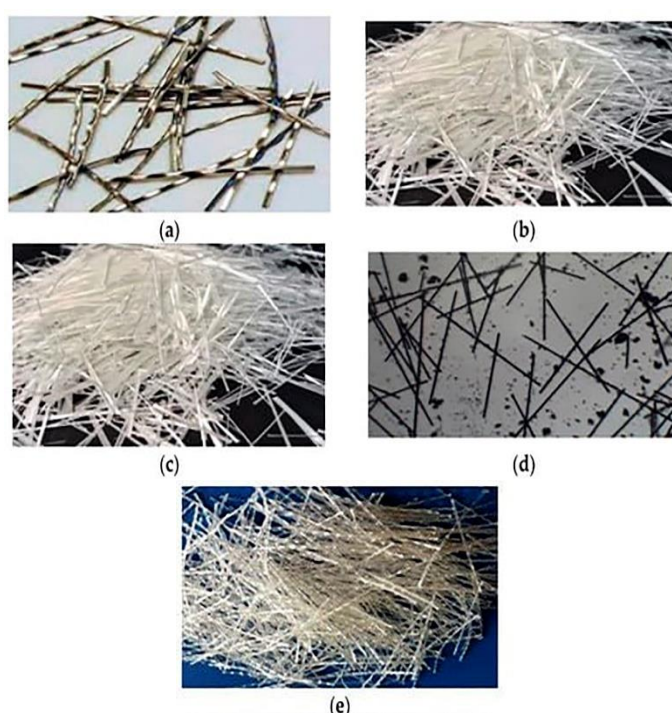


Fig. 84 Fibre sintetiche:

(a) fibre metalliche; (b) fibre di vetro; (c) fibre di polipropilene; (d) fibre di carbonio; (e) fibre di plastica. Fiber Reinforced Concrete: A Review, 2022.

¹⁴⁹ Polimeri rinforzati con fibre naturali (NFRP), chiamati anche biocompositi, sono riempiti o rinforzati con fibre lignocellulosiche. Sono in corso di sperimentazione polimeri termoplastici e termoindurenti sia a base biologica che non.

¹⁵⁰ I seguenti compositi, quindi, quando applicati a substrati in muratura, sono preferibili ai sistemi di rinforzo FRP per la loro maggiore compatibilità con il substrato, la reversibilità, la permeabilità al vapore, una migliore resistenza alle alte temperature e la durata contro agenti nocivi.

¹⁵¹ “*Appare evidente la necessità di proseguire la ricerca in tal senso, sperimentando ulteriori soluzioni, con un grado maggiore di compatibilità, che scaturiscano a valle di un approfondito percorso di conoscenza storico-costruttivo del manufatto, inteso quale inscindibile sistema costituito da struttura e apparato decorativo.*” (Romano, 2023, p. 700)



Fig. 85 Fibre naturali:

(f) paglia di grano; (g) fibre di canna da zucchero; (h) fibre di sisal; (i) fibre di juta; (j) fibre di bamboo. Fiber Reinforced Concrete: A Review, 2022.

La sostituzione delle fibre sintetiche con fibre naturali (NF) per sviluppare polimeri rinforzati con fibre naturali (NFRP), conosciuti anche come biocompositi, potrebbe rappresentare una soluzione sostenibile per il settore edilizio¹⁵² (Fig. 85). L'uso di questi prodotti degradabili per operazioni di consolidamento è in parte discusso nell'ambito della conservazione e in attesa di nuovi sviluppi scientifici. Lo studio condotto da G. Ferrara e E. Martinelli (2019)¹⁵³, mette alla luce le caratteristiche prestazionali di compositi ottenuti incorporando tessuti di lino in una malta a base di calce idraulica testati a

¹⁵² H. Dahy, *Natural Fibre-Reinforced Polymer Composites (NFRP) Fabricated from Lignocellulosic Fibres for Future Sustainable Architectural Applications, Case Studies: Segmented-Shell Construction, Acoustic Panels, and Furniture*, Article do Sensor, Licensee MDPI, Basel, Switzerland, 2019.

<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/3/738> (novembre 2024)

¹⁵³ G. Ferrara, E. Martinelli, "Tensile behavior of textile Reinforced Mortar composite system with flax fibres", in MDPI, 2019.

tensione in diverse frazioni di volume di fibra. Lo studio ha dimostrato che il sistema composito TMR rinforzato mediante fibre vegetali rappresenta una tecnica promettente nel campo dell'ingegneria civile in termini di materiali innovativi e più sostenibili, nonostante siano necessari ulteriori studi relativi alla compatibilità tra il tessuto naturale e la matrice affinché possa essere migliorata l'aderenza sulla superficie di interfaccia fibra-matrice.

Il concetto di compatibilità e continuità dei materiali può essere pienamente rispettato solo ripristinando le stuoie di canniccio nelle aree danneggiate o mancanti. Questa pratica che in passato è stata eseguita “*in occasione degli interventi di restauro della volta ad incannucciato della cattedrale di Caiazzo (CE), danneggiata dal terremoto del 1805, gli architetti chiamati a valutare l'intervento, tra cui Carlo Vanvitelli, proposero di integrare la porzione crollata a causa del parziale ribaltamento di una partizione verticale con nuovo canniccio e di riconnettere dall'intradosso le parti distaccate, visibili a occhio nudo, mediante fili di rame a guisa di staffe, ben appressati all'armeggio*”¹⁵⁴.

Il reinserimento del supporto crollato permette di restituire all'opera anche un'uniformità di comportamento del sistema, evitando di incorrere in difformità provocate da caratteristiche intrinseche singolari dei materiali, come l'irrigidimento strutturale e la formazione di una calotta non traspirante. Un caso recente di ripristino di un soffitto con l'applicazione di stuoiate di cannuce unidirezionali, lo possiamo vedere nel Cantiere della ditta Lithos a Villa Pullé, presso Verona, in cui è stato effettuato un ripristino del soffitto distaccato e in parte crollato (Fig. 86-87).

¹⁵⁴ Romano, 2023, p. 696.



Fig. 86-87 Restauro del soffitto decorato di Villa Pullè a Verona. Ripristino stuoia crollata e applicazione di una rete FRP sulla superficie estradossale (foto del web).

È stato fatto uso di una rete FRP e di una stuoia di canne palustri¹⁵⁵. L'incannucciato integrato non è stato ricavato dall'originale: le stuoie accostate sono ormai diffuse e facilmente acquistabili da aziende come la Banca della calce¹⁵⁶ o Lavorazione della canna Palustre¹⁵⁷ o Terragena¹⁵⁸.

¹⁵⁵ Applicazione delle fasce in fibra di basalto bidirezionale su tutta la superficie dell'estradosso mediante stesura di malta a base di calce. I lembi di fibra di basalto sono stati quindi fissati alla struttura lignea portante mediante idoneo collante e applicazione puntuale di viti in acciaio inox, al fine di assicurare la tenuta del pacchetto intonaco/incannucciato. A questo punto si è provveduto al rifacimento intradossale del soffitto fissando l'incannucciato all'intradosso dei travetti lignei, ed è stato poi eseguito l'ariccio con calce idraulica dalle caratteristiche simili all'originale. <https://www.lithosrestauri.com/portfolio/chievo-villa-pulle.html> (ottobre 2024)

¹⁵⁶ <https://www.bancadellacalce.it/bdc/prodotti-bdc/calcecanapa-e-cannapalustre/> (ottobre 2024)

¹⁵⁷ <https://www.lacep.it/bioedilizia-canna-palustre/> (ottobre 2024)

¹⁵⁸ <https://www.terragena.it/prodotti/accessori/arella-porta-intonaco-rilegata-in-acciaio/> (ottobre 2024)

Un altro esempio di integrazione di supporto crollato, lo ritroviamo nel Complesso conventuale e Conservatorio di S. Niccolò a Prato, dove sono state effettuate due reintegrazioni di stuoie incannicciate di superfici voltate non dipinte¹⁵⁹ (Fig. 88-89). La reintegrazione della lacuna di minor entità è stata ripristinata con il reinserimento del canniccio caduto, preventivamente reintrecciato. Mentre nel caso della lacuna più ampia, il canniccio ammalorato non è stato recuperabile e di conseguenza è stata applicata una stuoia di cannuce prefabbricata.



Fig. 88 Integrazione di supporto crollato con porzioni di canniccio recuperato di un soffitto all'interno del Complesso conventuale e Conservatorio di S. Niccolò a Prato. Lavoro eseguito dallo Studio COMES.



Fig. 89 Integrazione di un soffitto con stuoia prefabbricata all'interno del Complesso conventuale e Conservatorio di S. Niccolò a Prato. Lavoro eseguita dallo studio COMES.

¹⁵⁹ Lavoro eseguito dallo studio COMES S.r.l.

Sono in sperimentazioni operazioni di trattamento protettivo per prolungare la vita utile della canna¹⁶⁰. L'obiettivo principale è quello di migliorare la resistenza della canna all'umidità e alla fotodegradazione dovuta azione solare negli usi esterni come pergolati o recinzioni. La pellicola esterna della canna compromette il trattamento essendo impermeabilizzante. Tra tutti i prodotti utilizzati, il trattamento con silicato (polisilossano) sembra a priori il più adatto, poiché imita la protezione naturale della canna, è traspirante e fungicida (Fig. 89-90).

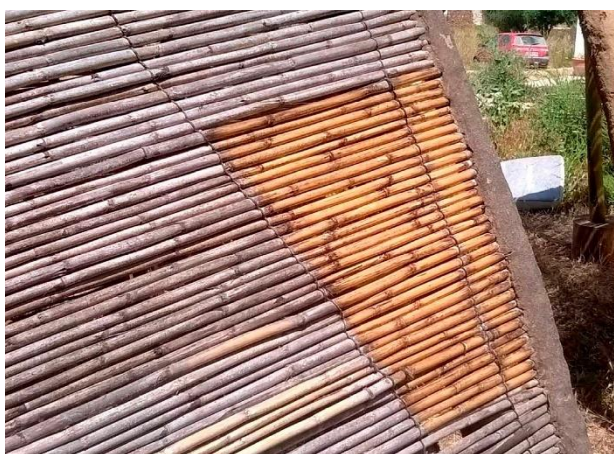


Fig. 89 Verifica del trattamento su canne esposte ad agenti atmosferici esterni.



Fig. 90 Trattamento protettivo delle canne palustri.

¹⁶⁰ Couvreur, Buzo Remón, 2018, p. 35, 36.

Capitolo 7: Nuovi supporti in alternativa al canniccio come elemento di controsoffittatura

Di ogni opera soggetta a intervento, si devono valutare le peculiarità come la trama del canniccio originario, per ipotizzare il metodo di reintegrazione.

Nei casi di crolli di porzioni di stuoie con intreccio ortogonale o a spina di pesce, vista la difficoltà di reperire materiale analogo, si potrebbero sperimentare tecniche per la creazione di incannicciati intrecciati con materiali compatibili con l'opera:

- Nuovo canniccio realizzato con nastri di tessuto di acciaio ad alta resistenza applicati con calce additivata. In questi casi per evitare l'ossidazione della parte metallica si privilegiò l'impiego di intonaci a base di cemento e non di calce o gesso.
- Intreccio con tessuto naturale, come il tessuto di juta pretrattato con prodotti consolidanti (Fig. 91), questa tecnica è stata utilizzata nel restauro descritto nella mia tesi pratico-laboratoriale. Il tessuto viene intrecciato e successivamente irrigidito tramite impregnazione con una soluzione di caseinato d'ammonio al 4%



Fig. 91 Intreccio con tessuto naturale di juta rinforzata con fibre sintetiche.

- Altrimenti l'unione di due materiali, uno più compatibile e l'altro di rinforzo come il tessuto JUTA della tessitura di tele metalliche Rossi (Fig. 92), rete in acciaio inox abbinato a fibre di juta. Materiale mai utilizzato che, se intrecciato potrebbe essere utilizzato.



Fig. 92 Tessuto di juta e filo metallico - TTM Rossi.

CARATTERISTICHE	
Diametro filo ordito	0,35 mm
Diametro filo trama	Juta Titolo 1
Spessore	0,50 mm ca
Superficie aperta	40% ca
Peso (Kg/m ²)	1,00 ca
Larghezza standard	1.500 mm
Larghezza massima	4.000 mm

Conclusioni

In conclusione, l'analisi condotta sulle stuoie di canne palustri come materia prima e come supporto per superfici decorate, evidenzia l'importanza di rivalutare questi manufatti spesso trascurati. La loro rilevanza storica e artistica, specialmente in contesti architettonici italiani, richiede uno studio approfondito e interventi mirati, per preservarne l'integrità. Data la diffusione di questi supporti in opere di grande pregio, è fondamentale continuare a sviluppare metodologie specifiche per il loro restauro, in modo da mantenere coerenza materica e rispetto per le tecniche originali. Solo attraverso un approccio consapevole e scientifico sarà possibile garantire la tutela di questo importante patrimonio.

Bibliografia in ordine alfabetico

L. B. Alberti, *L'Architettura*, vol. II, Il Polifilo Editore, Milano 1966.

V. Alvaro, *Materiali innovativi e riabilitazione strutturale ls materiali compositi a matrice cementizia per i rinforzi strutturali*, Tesi di Laurea in Ingegneria, relatore prof. Giovanni Pascale Università di Bologna, 2006-2007.

M. Anas, M. Khan, H. Bilal, S. Jadoon, M. N. Khan, *Fiber Reinforced Concrete: A review*, MDPI, 2022.

G. Arosio, *Enciclopedia del costruttore edile*, Hoepli, Milano 1956.

A. Aveta, *Consolidamento e restauro delle strutture in legno. Tipologie, dissesti, diagnostica, interventi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo 2013.

Bollettino d'arte n. 98. Giovanni Secco Suardo, *La cultura del restauro tra la tutela e la conservazione dell'opera d'arte. Atti del convegno internazionale di studi*. Bergamo 9-11 marzo 1995.

G. Boerio, *Dizionario del dialetto veneziano*, pubblicato da Andrea Santini e figlio, Venezia 1829.

G. A. Breymann, *Pavimenti, intonaci, pareti, impalcature, tavolati*, in *Trattato generale di costruzioni civili*, Dedalo, Roma 2003.

B. Brunetti, , *I plafoni lignei dei teatri storici in Emilia. Materiali, tecniche costruttive, elementi di vulnerabilità*, Tesi di Dottorato in Architettura, relatore A. Ugolini, Università di Bologna, 2016.

A. Buzo Remón, L. Couvreur, *Construir con caña. Estudio del uso de la caña en la arquitectura tradicional y de su recuperación para la construcción contemporánea*, Calameo, 2018.

A. Caleca, G. Nencini, G. Piancastelli, *Pisa. Museo di Sinopie del Camposanto Monumentale*, Prefazione Di E.C, Arli. Editori. Opera della Primaziale Pisana, Pisa 1979.

G. B. Castellani, *Dell'allevamento dei bachi da seta in Cina. Fatto ed osservato sui luoghi*, Tipografia Barbera, Bianchi e C., Firenze, 1860.

M. Ciatti, *Appunti per un manuale di storia e teoria del restauro*, Edifir Edizioni, Firenze 2009.

P. Conte, V. Fiore e A. Valenza in *Structural and Mechanical Modification Induced by Water Content in Giant Wild Reed (A. donax L)*, ACS OMEGA, 2019.

G. Copperi, G. Musso, *Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati*, Stamperia Reale di Paravia e Comp., Torino 1885.

E. Costantino, E. Rosina, G. Stagno, *Volte in cannicciato: una metodologia sperimentale per la diagnosi. Il Palazzo Municipale di Via Poli in Ponte Decimo-Comune di Genova*, Conferenza AIPnD, Contributo in Atti del Convegno, Firenze 26-28 ottobre 2011.

G. Curioni, *L'arte di fabbricare ossia corso completo di istituzioni teorico-pratiche per gl'ingegneri, per gli architetti, pei periti in costruzione e pei periti misuratori*, Negro, Torino 1873.

H. Dahy, *Natural Fibre-Reinforced Polymer Composites (NFRP) Fabricated from Lignocellulosic Fibres for Future Sustainable Architectural Applications, Case Studies: Segmented-Shell Construction, Acoustic Panels, and Furniture*, Article do Sensor, Licensee MDPI, Basel, Switzerland, 2019.

L. M. De Vegni, *Volte leggieri di canne e simili*, in «Memorie per le belle arti», IV, 1788.

D. Donghi, *Manuale dell'architetto*, Utet, Torino 1925.

J. N. L. Durand, E. D'Alfonso (a cura di), *Lezioni di architettura*, CittàStudi editore, Milano 1986.

F. Fabbri, *Analisi numerica di volte in camorcanna e gesso rinforzate con materiale FRP*, Relatore Andrea Benedetti, Tesi di laurea in Materiali innovativi e Riabilitazione strutturale LS, 2009/2010.

R. Fabbrichesi, *Elementi delle costruzioni (civili e industriali)*, Cedam, Padova 1931.

C. Formenti, *Pratica del fabbricare. Il finimento delle fabbriche. Parte II*, Hoepli Editore, Milano 1895.

U. Forni, *Manuale del pittore restauratore*, Successori Le Monnier, Firenze 1866.

C. Giannini, *Lessico del restauro. Storia tecniche strumenti*, Nardini Editore, Firenze 1992.

C. Giannini, *Materiali e procedimenti esecutivi della pittura murale*, collana Laboratorio dell'arte di il Prato Editore, 2009.

F. Gini, F. Piva, "*Fibre naturali e sostenibilità*". *L'utilizzo delle fibre di canna palustre per una tecnologia innovativa nel riedificazione del Centro d'incontro per anziani di via Vipacco*, Tesi di Laurea Magistrale, relatore Prof. Orio De Paoli, Politecnico di Torino, 2019.

A. Lenti, *Corso pratico di costruzioni o Guida per eseguire, dirigere, sorvegliare e valutare i lavori di architettura civile, rurale, stradale, idraulica*, Rossi stamp., Tortona 1877.

C. Levi, *Trattato teorico pratico di costruzioni civili, rurali, stradali, idrauliche*, Hoepli, Milano 1948.

L. Marinelli, P. Scarpellini, *L'arte muraria in Bologna nell'età pontificia*, Nuova Alfa Editoriale, Bologna 1992.

E. Martinelli, G. Ferrara, "*Tensile behavior of textile Reinforced Mortar composite system with flax fibres*", in MDPI, 2019.

A. Marzo, *Analisi e recupero di strutture lignee antiche*, Tesi di Dottorato in Ingegneria delle costruzioni, Coordinatore Prof. Ing. Federico M. Mazzolani, Università degli Studi di Napoli Federico II, novembre 2006.

F. Milizia, *Principi di Architettura Civile*, Serafino Majocchi Libraio-Editore, Milano 1853.

F. Milizia, *Principi di Architettura Civile*, Serafino Majocchi Libraio-Editore, Milano 1847.

M. Orsero, *L'age d'or del Camposanto di Pisa. Cantieri e fasi decorative pittoriche nella prima metà del Trecento*, Tesi di Dottorato, relatori Serena Romano e Clario Di Fabio, Università degli studi di Genova e Université de Lausanne, a.a. 2020/2021.

M. Pugliese, *Tecnica mista. Materiali e procedimenti nell'arte del XX secolo*, Mondadori Bruno, Milano, 2006.

E. Quagliarini, M. D'Orazio, *Recupero e conservazione di volte in "camorcanna". Dalla "regola d'arte" alle tecniche di intervento*, Editrice Alinea, Firenze 2005.

L. Romano, *Coperture voltate in legno. Un bilancio dal cantiere di restauro e prospettive di intervento*, in *Atti SIRA Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, Edizioni Quasar di S. Tognon srl, Roma 2023.

G. A. Rusconi, *Della Architettura*, Centro Internazionale di Architettura Andrea Palladio, Verona 1996.

A. Sacchi, *Architettura pratica. L'economia del fabbricare, stime di previsione e di confronto, analisi di prezzi di produzione, appalti, condotta e direzione dei lavori*, Hoepli, Milano 1878.

V. Scamozzi, *L'idea della Architettura Universale*, vol. X, per Giorgio Valentino, Venezia 1693.

S. Serlio Bolognese, *Tutte l'Opere d'Architettura di Sebastiano Serlio Bolognese. Dotte si trattano in disegno, quelle cose, che sono più necessarie all'Architetto*, Stamperia presso Francesco de Franceschi Senese Venezia 1584.

H. Ch. Spatz, H. Beismann, F. Brüchert, A. Emanns, *Biomechanics of Giant Reed Arundo Donax*. The Royal Society, 1997.

A. Spinosa, *La ricerca applicata al restauro: l'esperienza di Piero Sanpaolesi*, Tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, relatore prof. arch. Renata Picone, Università di Napoli, 2007.

G. Tampone, *Conservation of historic wooden structures*, Atti di Convegno Internazionale (Firenze, 22-27 febbraio 2005), Collegio degli Ingegneri della Toscana, Firenze 2005.

L. Tintori, *Note sulla tecnica, i restauri, la conservazione del trionfo della morte e di altri affreschi dello stesso ciclo del camposanto monumentale di Pisa*, "Critica d'arte", 7, 58, 2, 1995.

M. Toni, *Un materiale e il suo ambiente: utilizzo della canna palustre nelle costruzioni*, Alinea editrice, Vicenza 2012.

G. Valadier, *L'architettura pratica*, vol. IV, Sapere 2000 Edizioni Multimediali, Roma 1992.

Bibliografia in ordine cronologico

S. Serlio Bolognese, *Tutte l'Opere d'Architettura di Sebastiano Serlio Bolognese. Dotte si trattano in disegno, quelle cose, che sono più necessarie all'Architetto*, Stamperia presso Francesco de Franceschi Senese Venezia 1584.

V. Scamozzi, *L'idea della Architettura Universale*, vol. X, per Giorgio Valentino, Venezia 1693.

L. M. De Vegni, *Volte leggieri di canne e simili*, in «Memorie per le belle arti», IV, 1788.

G. Boerio, *Dizionario del dialetto veneziano*, pubblicato da Andrea Santini e figlio, Venezia 1829.

F. Milizia, *Principi di Architettura Civile*, Serafino Majocchi Libraio-Editore, Milano 1847.

F. Milizia, *Principi di Architettura Civile*, Serafino Majocchi Libraio-Editore, Milano 1853.

G. B. Castellani, *Dell'allevamento dei bachi da seta in Cina. Fatto ed osservato sui luoghi*, Tipografia Barbera, Bianchi e C., Firenze, 1860.

U. Forni, *Manuale del pittore restauratore*, Successori Le Monnier, Firenze 1866.

G. Curioni, *L'arte di fabbricare ossia corso completo di istituzioni teorico-pratiche per gl'ingegneri, per gli architetti, pei periti in costruzione e pei periti misuratori*, Negro, Torino 1873.

A. Lenti, *Corso pratico di costruzioni o Guida per eseguire , dirigere, sorvegliare e valutare i lavori di architettura civile, rurale, stradale, idraulica*, Rossi stamp., Tortona 1877.

A. Sacchi, *Architettura pratica. L'economia del fabbricare, stime di previsione e di confronto, analisi di prezzi di produzione, appalti, condotta e direzione dei lavori*, Hoepli, Milano 1878.

G. Copperi, G. Musso, *Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati*, Stamperia Reale di Paravia e Comp., Torino 1885.

C. Formenti, *Pratica del fabbricare. Il finimento delle fabbriche. parte II*, Hoepli Editore, Milano 1895.

D. Donghi, *Manuale dell'architetto (civili e industriali)*, Utet, Torino 1925.

R. Fabbrichesi, *Elementi delle costruzioni (civili e industriali)*, Cedam, Padova 1931.

C. Levi, *Trattato teorico pratico di costruzioni civili, rurali, stradali, idrauliche*, Hoepli, Milano 1948.

G. Arosio, *Enciclopedia del costruttore edile*, Hoepli, Milano 1956.

L. B. Alberti, *L'Architettura*, vol. II, Il Polifilo editore, Milano 1966.

A. Caleca, G. Nencini, G. Piancastelli, *Pisa. Museo di Sinopie del Camposanto Monumentale*, Prefazione Di E.C, Arli. Editori. Opera della Primaziale Pisana, Pisa 1979.

J. N. L. Durand, E. D'Alfonso (a cura di), *Lezioni di architettura*, CittàStudi editore, Milano 1986.

G. Valadier, *L'architettura pratica*, vol. IV, Sapere 2000 Edizioni Multimediali, Roma 1992.

L. Marinelli, P. Scarpellini, *L'arte muraria in Bologna nell'età pontificia*, Nuova Alfa Editoriale, Bologna 1992.

C. Giannini, *Lessico del restauro. Storia tecniche strumenti*, Nardini Editore, Firenze 1992.

L. Tintori, *Note sulla tecnica, i restauri, la conservazione del trionfo della morte e di altri affreschi dello stesso ciclo del camposanto monumentale di Pisa*, "Critica d'arte", 7, 58, 2, 1995.

Bollettino d'arte n. 98. Giovanni Secco Suardo, *La cultura del restauro tra la tutela e la conservazione dell'opera d'arte*. Atti del convegno internazionale di studi. Bergamo 9-11 marzo 1995.

G. A. Rusconi, *Della Architettura*, Centro Internazionale di Architettura Andrea Palladio, Verona 1996.

H. Ch. Spatz, H. Beismann, F. Brüchert, A. Emanns. *Biomechanics of Giant Reed Arundo Donax*. The Royal Society, 1997.

G. A. Breymann, *Pavimenti, intonaci, pareti, impalcature, tavolati*, in *Trattato generale di costruzioni civili*, Dedalo, Roma 2003.

G. Tampone, *Conservation of historic wooden structures*, Atti di convegno internazionale (Firenze, 22-27 febbraio 2005), Collegio degli Ingegneri della Toscana, Firenze 2005.

E. Quagliarini, M. D'Orazio, *Recupero e conservazione di volte in "camorcanna". Dalla "regola d'arte" alle tecniche di intervento*, Editrice Alinea, Firenze 2005.

M. Pugliese, *Tecnica mista. Materiali e procedimenti nell'arte del XX secolo*, Mondadori Bruno, Milano, 2006.

A. Marzo, *Analisi e recupero di strutture lignee antiche*, Tesi di Dottorato in Ingegneria delle costruzioni, Coordinatore Prof. Ing. Federico M. Mazzolani, Università degli Studi di Napoli Federico II, novembre 2006.

V. Alvaro, *Materiali innovativi e riabilitazione strutturale ls materiali compositi a matrice cementizia per i rinforzi strutturali*, Tesi di Laurea in Ingegneria, relatore prof. Giovanni Pascale Università di Bologna, 2006-2007.

A. Spinosa, *La ricerca applicata al restauro: l'esperienza di Piero Sanpaolesi*, Tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, relatore prof. arch. Renata Picone, Università di Napoli, 2007.

C. Giannini, *Materiali e procedimenti esecutivi della pittura murale*, collana Laboratorio dell'arte di il Prato Editore, 2009.

M. Ciatti, *Appunti per un manuale di storia e teoria del restauro*, Edifir Edizioni, Firenze 2009.

F. Fabbri, *Analisi numerica di volte in camorcanna e gesso rinforzate con materiale FRP*, Relatore Andrea Benedetti, Tesi di laurea in Materiali innovativi e Riabilitazione strutturale LS, 2009/2010.

E. Costantino, E. Rosina, G. Stagno, *Volte in cannicciato: una metodologia sperimentale per la diagnosi*. Il Palazzo Municipale di Via Poli in Ponte Decimo-Comune di Genova, Conferenza AIPnD, Contributo in Atti del Convegno, Firenze 26-28 ottobre 2011.

M. Toni, *Un materiale e il suo ambiente: utilizzo della canna palustre nelle costruzioni*, Alinea editrice, Vicenza 2012.

A. Aveta, *Consolidamento e restauro delle strutture in legno. Tipologie, dissesti, diagnostica, interventi*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2013.

B. Brunetti, *I plafoni lignei dei teatri storici in Emilia. Materiali, tecniche costruttive, elementi di vulnerabilità*, Tesi di Dottorato in Architettura, relatore A. Ugolini, Università di Bologna, 2016.

A. Buzo Remón, L. Couvreur, *Construir con caña. Estudio del uso de la caña en la arquitectura tradicional y de su recuperación para la construcción contemporánea*, Calameo, 2018.

P. Conte, V. Fiore e A. Valenza in *Structural and Mechanical Modification Induced by Water Content in Giant Wild Reed (A. donax L)*, ACS OMEGA, 2019.

F. Gini, F. Piva, “*Fibre naturali e sostenibilità*”. *L'utilizzo delle fibre di canna palustre per una tecnologia innovativa nel riedificazione del Centro d'incontro per anziani di via Vipacco*, Tesi di Laurea Magistrale, relatore Prof. Orio De Paoli, Politecnico di Torino, 2019.

H. Dahy, *Natural Fibre-Reinforced Polymer Composites (NFRP) Fabricated from Lignocellulosic Fibres for Future Sustainable Architectural Applications, Case Studies: Segmented-Shell Construction, Acoustic Panels, and Furniture*, Article do Sensor, Licensee MDPI, Basel, Switzerland, 2019.

E. Martinelli, G. Ferrara, “*Tensile behavior of textile Reinforced Mortar composite system with flax fibres*”, in MDPI, 2019.

M. Orsero, *L'age d'or del Camposanto di Pisa. Cantieri e fasi decorative pittoriche nella prima metà del Trecento*, Tesi di Dottorato, relatori Serena Romano e Clario Di Fabio, Università degli studi di Genova e Université de Lausanne, 2020/2021.

M. Anas, M. Khan, H. Bilal, S. Jadoon, M. N. Khan, *Fiber Reinforced Concrete: A review*, MDPI, 2022.

L. Romano, *Coperture voltate in legno. Un bilancio dal cantiere di restauro e prospettive di intervento*, in Atti SIRA Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità, Edizioni Quasar di S. Tognon srl, Roma 2023.

Risorse online

<https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/baraccas-esempi-canna-187> (ottobre 2024)

<https://www.wikicesteria.it/essiccatoio/> (ottobre 2024)

<https://amicomario.blogspot.com/2014/01/la-riscoperta-della-canna-palustre.html> (ottobre 2024)

<http://www.sicilcanne.com/usocanna.htm> (ottobre 2024)

<https://catalogo.beniculturali.it/detail/DemoEthnoAnthropologicalHeritage/1600385090> (ottobre 2024)

<https://amicomario.blogspot.com/2014/01/la-riscoperta-della-canna-palustre.html> (ottobre 2024)

<http://www.sicilcanne.com/usocanna.htm> (ottobre 2024)

<https://catalogo.beniculturali.it/detail/DemoEthnoAnthropologicalHeritage/1600385090> (ottobre 2024)

<https://catalogo.beniculturali.it/detail/DemoEthnoAnthropologicalHeritage/1600385078> (ottobre 2024)

https://archive.org/details/ldpd_12570497_000/page/n5/mode/2up?q=geffo (ottobre 2024)

http://www.zoppitelli.com/#Chi_Siamo (ottobre 2024)

https://www.facebook.com/profile.php?id=100057694710008&locale=nl_NL&paipv=0&eav=AfZneentABIAug6XOFKgcDSJsbWzyNcKzcZswvzXv97YZH4wElMQCf5IM2d_Fj8QA&_rdr (novembre 2024)

<https://catalogo.fondazionezeri.unibo.it/scheda/fotografia/14187/Brogi%20-%20Contorni%20di%20Firenze.%20Castello%20di%20Vincigliata.%20Storia%20della%20vita%20di%20S.%20Bernardo%3B%20Spinello%20Aretino.%20-%20insieme> (ottobre 2024)

VII_2011_STUDI_DI_MEMOFRONTE.pdf (ottobre 2024)

<https://opificiodellepietredure.cultura.gov.it/attivita/masaccio-trinita-1424-1425-basilica-di-santa-maria-novella-firenze/> (ottobre 2024)

<https://opificiodellepietredure.cultura.gov.it/attivita/ambrogio-lorenzetti-gruppo-di-quattro-clarisse-anni-venti-del-xiv-sec-national-gallery-londra/> (ottobre 2024)

<http://www.dolmensrl.org/FRP%20camorcanna.htm> (ottobre 2024)

https://www.antichitabelsito.it/mat_fibra_vetro_225.html (ottobre 2024)

<http://www.protezioneantincendio.it/schede-tecniche/pannelli-legnomagnesite.pdf> (ottobre 2024)

<https://www.lithosrestauri.com/portfolio/chievo-villa-pulle.html> (ottobre 2024)

<https://www.bancadellacalce.it/bdc/prodotti-bdc/calcecanapa-e-cannapalustre/> (ottobre 2024)

<https://www.lacep.it/bioedilizia-canna-palustre/> (ottobre 2024)

<https://www.terragena.it/prodotti/accessori/arella-porta-intonaco-rilegata-in-acciaio/> (ottobre 2024)

<https://www.coseincanna.it/eziocao.asp> (novembre 2024)

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.1997.0001> (novembre 2024)

https://iris.unipa.it/retrieve/e3ad891e-937d-da0e-e053-3705fe0a2b96/2018_Structural%20and%20Mechanical%20Modification%20Induced%20by%20Water%20Content%20in%20Giant%20Wild%20Reed%20%28A.%20donax%20L.%29.pdf (novembre 2024)

<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/3/738> (novembre 2024)

<https://www.mdpi.com/2079-6439/7/4/30> (novembre 2024)

<https://www.calameo.com/books/0000753353002d71f89fe> (novembre 2024)

Ringraziamenti

Concludo questa tesi con un sentito ringraziamento a tutte le persone che mi hanno accompagnato e supportato durante il mio percorso di studi, a partire dalla mia famiglia, alle amicizie bolognesi e fiorentine, fino ai docenti e ai colleghi dell'Accademia di Belle Arti.

Un ringraziamento particolare va al mio relatore, Prof. Andrea Vigna, per il sostegno e l'aiuto che mi ha offerto in ogni fase di questa ricerca. Questa tesi è stata una sfida che mi ha coinvolto molto, e l'argomento trattato si è rivelato straordinariamente affine a me e alle persone che mi circondano.

Desidero anche esprimere la mia gratitudine agli enti e ai professionisti che ho avuto il piacere di contattare durante il mio lavoro. I loro preziosi consigli, informazioni e risorse sono stati fondamentali per approfondire il tema di questo studio, un argomento che, pur partendo da un oggetto apparentemente semplice, racchiude una tradizione ricca e affascinante, e che continuerò a esplorare nel futuro.

Ricorderò con felicità la mia ostinata ricerca di canne palustri nella campagna fiorentina con la mia complice Caterina, momenti di svago in un periodo carico di tensioni.

Concludo questo lavoro con grande soddisfazione, consapevole che rappresenta il culmine di un percorso ricco di sfide, ma anche di crescita. Non solo ho approfondito la conoscenza del tema trattato, ma ho anche sviluppato nuove competenze, metodologie e approcci che saranno fondamentali per il mio futuro professionale.

Ringrazio ancora tutte le persone che, con pazienza e comprensione, mi hanno sopportato e supportato durante questi ultimi mesi intensi. La vostra presenza è stata fondamentale per raggiungere in modo soddisfacente il termine di questo percorso. Grazie :)