

“Si spezza il raggio obliquo,
si scinde e si moltiplica
sul taglio iridescente del cristallo ...”

M. Luzi, *Prodigalità*, 1988

“... è essenza, avvento, apparenza,
tutto trasparentissima sostanza ...”

M. Luzi, *Ispezione celeste*, 1988

“ ... In questo labirinto puro sta il tuo riflesso.
Gettiamo un'altra volta la moneta di ferro
che è anche uno specchio magico.
Il suo rovescio è nulla, nessuno, ombra e cecità ...”

J.L. Borges, *La moneta di ferro*, 1976

p.

007 **INTRODUZIONE**

009 Inquadramento del problema scientifico e motivazioni della ricerca

009 Obiettivi della ricerca

010 Target di riferimento

011 Individuazione delle metodologie e fasi della ricerca

012 Definizione dei limiti della ricerca

PRIMA PARTE – L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E LA MATERIA DEL RESTAURO

014 **Capitolo 1 – Sul concetto di trasparenza**

016 1.1 Definizioni e aspetti percettivi

017 1.1.1 La *fisica* della trasparenza

020 1.1.2 La percezione della trasparenza

021 1.2 Dall'etimologia alle suggestioni culturali

022 1.2.1 Etimologia e significati

024 1.2.2 Il Grande Vetro di Duchamp e la gomma trasparente di Munari

026 1.2.3 La casa trasparente

027 1.3 Trasparenza e innovazione tecnologica

040 **Capitolo 2 – La trasparenza negli interventi di protezione e restauro**

042 2.1 Il concetto di *trasparenza* tra protezione e *lettura* del monumento

045 2.2 Trasparenza e i principi guida del restauro

047 2.3 L'evoluzione dell'uso della trasparenza nei sistemi di protezione tra teoria del restauro e prassi operative

049 2.3.1 I sistemi di tendaggi

051 2.3.2 Il vetro

058 2.3.3 I primi materiali di sintesi

060 2.4 Motivazioni di una scelta: l'approfondimento e l'analisi critica della trasparenza dei materiali sintetici

SECONDA PARTE – I MATERIALI DI SINTESI

066	Capitolo 3 – I materiali di sintesi	
068	3.1	Introduzione metodologica
069	3.2	Le materie plastiche: cenni storici, origini ed evoluzione
071	3.2.1	Quadro sinottico
074	3.3	Le materie plastiche: definizioni e classificazioni
077	3.4	Classificazione delle materie di sintesi trasparenti
077	3.5	Proprietà chimico-fisiche, meccaniche e prestazionali delle materie plastiche trasparenti
081	3.5.1	Il polimetilmetacrilato (PMMA)
084	3.5.2	Il policarbonato (PC)
085	3.5.3	Il polivinilcloruro (PVC)
087	3.6	L'evoluzione delle applicazioni negli interventi di protezione e restauro
088	3.7	Panorama dei materiali plastici attualmente utilizzati a fini conservativi
094	Capitolo 4 – I componenti e i sistemi di aggancio lastra-struttura storica	
096	4.1	Introduzione: la scelta critica dei parametri nella definizione dei componenti
097	4.2	Componenti trasparenti: caratteristiche, morfologia e aspetti dimensionali dell'elemento lastra
101	4.2.1	Lastre compatte
102	4.2.2	Lastre alveolari piane e lastre ondulate
104	4.3	Lavorazioni a caldo e a freddo: quali possibilità morfologiche e adattative
109	4.4	Requisiti dei sistemi di fissaggio alle strutture storiche
110	4.4.1	Dispositivi innovativi a memoria di forma
114	Capitolo 5 – Quadro esigenziale degli interventi protettivi e requisiti dei materiali di sintesi trasparenti	
116	5.1	Introduzione
117	5.2	Il quadro esigenziale per gli interventi di protezione
119	5.2.1	Dispositivi temporanei in fase di cantiere
120	5.2.2	Dispositivi temporanei a protezione dei manufatti storici
122	5.2.3	Strutture e dispositivi permanenti
122	5.2.3.1	Lastre verticali
122	5.2.3.2	Elementi di copertura (lastre orizzontali)
126	5.3	<i>Filtri di architettura: aspetti immateriali</i> della trasparenza negli interventi di restauro
128	5.4	Necessità evidenziate attraverso il rapporto con il mondo della produzione

TERZA PARTE – LA TRASPARENZA NEI PROGETTI DI PROTEZIONE, RESTAURO E VALORIZZAZIONE

134	Capitolo 6 – Le prime applicazioni trasparenti nel campo del restauro architettonico. Franco Minissi precursore	
136	6.1	Il contesto storico-culturale
137	6.1.1	L'attività sperimentale nelle applicazioni trasparenti
138	6.2	La musealizzazione <i>traslucida</i>
140	6.3	Quadro critico degli interventi di restauro e protezione
141	6.3.1	L'intervento sulle mura di Capo Soprano a Gela (1952-1954)
143	6.3.2	L'intervento alla Villa del Casale di Piazza Armerina (1957)
147	6.3.3	L'intervento di copertura di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo (1963)
148	6.3.4	L'intervento al Teatro di Eraclea Minoa (1962)
156	Capitolo 7 – Progetti di riferimento: schede di analisi	
158	7.1	Parametri analitici per l'individuazione dei progetti di riferimento
159	7.2	I criteri dell'apparato di schedatura
161	7.3	Schede di analisi dei progetti
163		01 Copertura dell'altare del Santuario di Apollo, Veio
167		02 Copertura dell'area archeologica di Poggio Moscini
173		03 Copertura del santuario ellenistico di Monterinaldo
179		04 Copertura del santuario delle Tredici Are, Pratica di Mare
183		05 Copertura dell'abitato etrusco di San Giovenale
187		06 Copertura dell'area del Foro e di un'abitazione adiacente all'anfiteatro a Roselle
192		07 Copertura del dolmen Frisari di Bisceglie
199		08 Coperture di quattro domus romane e del complesso termale del parco archeologico di <i>Fregellae</i>
207		09 Coperture del tempio e del teatro di Urbisaglia
213		10 Copertura della Casa dei Mosaici, Iasos
221		11 Copertura della Galleria Lapidara, Ostia antica
227		12 Copertura dell'Orto dei Fuggiaschi, Pompei
237		13 Coperture dell'Insula del Centenario, Pompei
249		14 Lastre protettive verticali, Insula del Centenario, Pompei
257		15 Copertura del Complesso Termale di Sassoferato
263		16 Copertura del teatro romano di Caesaraugusta, Saragozza
267		17 Copertura dei resti della Villa Romana di Patti Marina
277		18 Lastre protettive piane verticale e orizzontali, via dell'Abbondanza, Pompei
285		19 Lastra protettiva sagomata a protezione della caldaia, via dell'Abbondanza, Pompei
291		20 Copertura del Foro dell'antica Puteoli, Pozzuoli

297	Capitolo 8 – Il quadro normativo di riferimento
297	8.1 Note introduttive
298	8.2 Le materie plastiche e le loro proprietà ottiche
303	8.3 Le principali norme di colorimetria
303	8.4 Principali riferimenti per il <i>restauro</i>
309	Capitolo 9 – Conclusioni e proposte di sviluppo futuro
309	9.1 Sintesi conclusiva della ricerca
311	9.2 Le esigenze del restauro come “motore” dell’innovazione
312	9.3 Potenzialità di sviluppo futuro
315	Bibliografia
327	Fonti delle immagini

Trasparenza.

Un termine, un significato, un concetto, forse un percorso (di luce, di conoscenza, di trasformazione). Utilizzato da sempre con molta attenzione forse la sua “rarità” è da ricollegarsi al dualismo tra la percettibilità e l’essere delle cose percepite. In un qualche modo la trasparenza è una *caratteristica* della materia che permette un trasferimento concettuale prima che un rapporto concreto e misurabile tra superfici, sostanze e radiazioni. Si potrebbe affermare che la condizione di *trasparenza*, assegnata alla materia, non costituisce solamente un grado di qualità ma probabilmente anche un *potere*, offrendo al significante una sorta di interfaccia.

Porsi quindi domande sulla funzione di questa *membrana osmotica* quando nell’atto della scelta viene collocata, non significa solo definire un quadro esigenziale e prestazionale dei componenti, ma anche tentare di descrivere una condizione concettuale *di spessore* che attiva condizioni spaziali e temporali tipiche dell’interpretazione storica della realtà e del ruolo di conoscenza e di coscienza.

Trasparente è ciò che può essere attraversato in tutto il suo spessore dalle radiazioni luminose e permettere una visione più o meno nitida di oggetti situati al di là di esso in relazione all’osservatore. Nel suo senso figurativo, indica qualcosa che, pur non essendo esplicito, è di facile comprensione. Il trasparire è il passaggio di luce o la visibilità di immagini attraverso lo spessore di un corpo diafano o traslucido.

Al tema della trasparenza si vuole associare non solo un aspetto conservativo ma anche un significato relazionale, per quel che riguarda il legame tra passato e presente. Il tema della trasparenza si collega infatti alla duplice esigenza di protezione di un bene architettonico o di una superficie consentendo, nello stesso tempo, la “lettura” del monumento, la visione della sua integrità materica e il minimo impatto visivo possibile.

Oggetto della ricerca è la caratteristica della trasparenza affidata a componenti in materiali di sintesi. Il titolo della ricerca, strutturato nella gerarchia di titolo e sottotitolo, definisce il tema centrale, la caratteristica della trasparenza, specificando nel sottotitolo l’ambito di indagine. Il campo di ricerca annovera i rapporti tra l’innovazione tecnologica e

il restauro/conservazione dei beni storico architettonici, in particolare riguardo a metodologie, materiali e tecnologie di intervento per la protezione e la fruizione di beni storico-architettonici attraverso l'utilizzo di materiali di sintesi con proprietà di trasparenza.

Oggi la trasparenza, caratteristica per eccellenza finalizzata alla minimizzazione degli impatti ambientali, non è riservata esclusivamente al vetro, ma permane il legame col vetro nel significato di trasparenza, negli aspetti di innovazione tecnologica, nel portato che le materie di sintesi protraggono anche attualmente rispetto all'antico materiale. È un processo di surrogazione progressiva (per efficacia e qualità) che simula prestazioni ma che tende nel tempo a produrre un metamorfismo materico e tipologico: artificio dell'artificio.

Il tema del vetro è affrontato a livello di citazioni critiche e comparative, sia nel ripercorrere il tema della trasparenza negli interventi di restauro nel corso delle diverse epoche e a seconda delle coeve posizioni nel dibattito della teoria del restauro, che come *portato* tecnologico degli attuali utilizzi innovativi della caratteristica della trasparenza.

Esistono diverse esigenze di protezione anche in base al tipo di fruizione cui il bene architettonico è soggetto, non secondariamente in considerazione dei cambiamenti che le forme (aspettative, comportamenti, investimenti, offerte) del turismo connesso ai "luoghi d'arte" ed ai beni monumentali hanno subito nel corso del tempo, passando da una fruizione elitaria ad un turismo di massa (spesso di massa, distruttivo, e consumistico del tipo "mordi e fuggi").

A questo proposito e proprio partendo da un quadro esigenziale in continuo cambiamento anche per le problematiche gestionali dei siti (conservazione, protezione, sicurezza, fruibilità, costo di accesso, problematiche legate alla manutenzione) la trattazione del tema della ricerca parte dal momento dell'introduzione dei materiali di sintesi come sistema di protezione e valorizzazione finalizzata alla fruizione nel campo del restauro, per arrivare ad una valutazione del panorama odierno in applicazioni conservative.

Correlato all'applicazione di lastre in materiali plastici viene affrontato il tema dei sistemi di aggancio tra materiali di sintesi e materia antica, considerando il sistema lastra-supporto non solo dal punto di vista del fissaggio, ma soprattutto dal punto di vista della condizione di intercapedine tra lastra protettiva e materia da conservare.

Come premesso non sono, inoltre, secondari gli aspetti di natura percettiva legati al tema, che stringono un collegamento psicologico che parte dall'analisi schematica e sintetica dei gradienti fisiologico-sensoriali per approdare ad una breve correlazione delle componenti comportamentali e cognitive. Il concetto di trasparenza è quindi affrontato secondo due aspetti: quello materico e quello teorico-critico, considerando la *trasparenza* in senso concettuale, come metodologia di intervento sui beni architettonici rispettando i principi di minimo intervento, reversibilità, autenticità espressiva, distinguibilità e compa-

tibilità fisico-chimica.

Le caratteristiche tecniche dei materiali plastici, in forme di elementi di chiusura verticali od orizzontali, di lastre protettive o di pannelli, e la proprietà della trasparenza rappresentano, negli interventi sulla materia antica, un sistema di protezione e un "mezzo" di fruizione con grandi potenzialità legate agli ampi livelli di compatibilità, anche sul piano teorico/critico, con i requisiti che un intervento sulle superfici storiche richiede.

Inquadramento del problema scientifico e motivazioni della ricerca

La ricerca è strutturata con una forte valenza multidisciplinare tra tecnologia e restauro, con la volontà di sviluppare efficaci interfacciamenti secondo un modello metodologico critico, partendo dalla considerazione generale che, nel rapporto tra protezione e comprensione dell'opera, esiste un gap tra potenzialità dell'innovazione tecnologica e cantiere di restauro.

Negli ultimi anni l'interesse del restauro nei confronti dei nuovi materiali e tecnologie (sia in termini di innovazione di prodotto che di processo) è stato concretamente percepibile; si è assistito all'introduzione nell'ambito del restauro della *scienza* in generale, ma mancano criteri definiti: l'industria è progredita esponenzialmente e il restauro, spesso, non ne ha tenuto conto e gli attori del mondo della produzione, di contro, non sono in grado di aggiornare il restauro dal punto di vista tecnologico. La ricerca si incentra su un segmento poco indagato, di cui esistono pochi interventi e con diversi esiti attuativi e diverse risposte in termini conservativi e di integrità dell'immagine.

In quali soluzioni può tradursi l'uso di componenti la cui caratteristica principale è la trasparenza?

Obiettivi della ricerca

Obiettivo della ricerca è la determinazione del panorama attuale circa l'utilizzo dei materiali di sintesi trasparenti nel campo della protezione, fruizione e valorizzazione di superfici architettoniche storiche, attraverso lo studio di interventi realizzati e di soluzioni tecniche applicate, raccogliendo una case-history di interventi eseguiti, progettisti, aziende e centri di ricerca che si siano già confrontati con il tema delle applicazioni di componenti in materie plastiche per la protezione e il restauro, mediante una valutazione critica della casistica dal punto di vista delle prestazioni delle tecnologie adottate. Tra gli obiettivi correlati alla raccolta dei progetti realizzati rispondenti a queste caratteristiche, la strutturazione di una metodologia di analisi, il raggiungimento della definizione di linee guida critiche e la definizione di potenziali linee di

sviluppo e possibili innovazioni.

La ricerca vuole innanzitutto mettere a punto un aggiornamento dello stato dell'arte a partire da un approfondimento critico relativo al tema della trasparenza in generale e nelle applicazioni conservative in particolare; la determinazione del panorama attuale circa l'utilizzo dei materiali di sintesi trasparenti nel campo della protezione, fruizione e valorizzazione di superfici architettoniche storiche è oggetto della ricerca; valutazione di possibili ricadute innovative nella protezione e nella "lettura" del patrimonio storico-architettonico è un obiettivo che costituisce un "portato" non solo non secondario ma molto attuale e potenzialmente fruttuoso, da quanto è emerso dai confronti con aziende del settore e con centri di ricerca dedicati alle materie plastiche.

Lo studio di interventi realizzati e di soluzioni tecniche applicate, in forma di case-history di interventi eseguiti, tecnologie adottate, progettisti e aziende, ha consentito la definizione di limiti e potenzialità e di linee di sviluppo verso soluzioni innovative.

Le direzioni attraverso cui si è articolata la ricerca sono state:

- la comprensione dei significati che ruotano attorno al contorno del concetto di trasparenza;
- lo studio delle caratteristiche della materia e del sistema di componenti;
- il raggiungimento di strumenti analitici per definire gli aspetti critici e tecnologici;
- l'individuazione di chiavi di lettura e di strumenti di indirizzo;
- la ricerca di significativi progetti realizzati e la conseguente proposta di un apparato di schedatura.

Target di riferimento

L'ambito di interesse della ricerca ricade sia nel settore del restauro, della conservazione, della valorizzazione e della fruizione dei beni storico-architettonici, sia nel campo tecnologico, in termini di utilizzo performante di materiali con proprietà di trasparenza.

La stessa analisi dello scenario attuale di applicazione di componenti in materiali di sintesi trasparenti negli interventi di protezione, restauro e valorizzazione, attraverso un repertorio critico in termini sia di efficacia protettiva sulla materia antica che di effettiva ricaduta in termini di fruizione dell'opera, può costituire un contributo per studiosi, professionisti o esperti del settore.

Si ritiene inoltre che la ricerca possa costituire un punto di partenza di interesse anche per aziende e produttori di materiali di sintesi con proprietà di trasparenza che siano impegnati nella ricerca di applicazioni innovative in un campo, quello dei beni architettonici, che attualmente non vede spiccate linee di sviluppo e sperimentazione ma che, nella

realtà nazionale, può costituire un bacino di innovazione e di interesse, anche in termini economici, decisamente rilevante.

Individuazione delle metodologie e fasi della ricerca

La ricerca è stata intrapresa a partire dalla necessità di affrontare, collegare e confrontare aspetti di natura strettamente teorica ad altri di natura operativa.

Il primo interrogativo ha riguardato gli aspetti che inizialmente hanno innescato l'utilizzo della trasparenza, mediante il vetro prima e le materie di sintesi poi, per la protezione delle superfici architettoniche e quali sentieri sono stati tracciati in termini di applicazioni e di sfruttamento delle potenzialità della proprietà di trasparenza negli interventi di protezione e restauro.

Sono seguite approfondite ricerche bibliografiche e sitografiche finalizzate al posizionamento del problema scientifico.

Le macroaree di indagine per la prima fase di ricerca sviluppata attraverso la consultazione della letteratura edita in materia sono state:

- il concetto di trasparenza e i suoi significati;
- i materiali di sintesi (evoluzione cronologica e panorama attuale);
- il concetto di trasparenza in collegamento alla disciplina del restauro;
- i percorsi di innovazione tecnologica dei materiali di sintesi;
- i materiali di sintesi applicati alla materia antica: quali e con che frequenza.

Parallelamente è cominciato il confronto con il mondo della produzione attraverso un'indagine delle applicazioni delle lastre per interventi di protezione di superfici storiche e gli eventuali segmenti di innovazione tecnologica che le industrie di produzione dei materiali plastici stanno intraprendendo. L'indagine ha riguardato, per ciascuna azienda contattata, innanzitutto l'esperienza o meno di applicazioni legate ad interventi di protezione, per poi approfondire il contributo tecnologico nelle scelte di intervento, gli aspetti legati alle caratteristiche, alle prestazioni, alla progettazione, alla messa in opera dei componenti, e, infine, all'eventuale fase di monitoraggio.

L'impiego di materiali trasparenti è stato il primo criterio di selezione dei progetti oggetto della banca dati di casi studio, criticamente vagliati. La messa a punto di strumenti analitici ha riguardato poi la raccolta di materiale illustrativo dei casi di riferimento con bibliografia di supporto.

La ricerca si è quindi articolata secondo le seguenti fasi:

Fase 1 - Ricerche bibliografiche finalizzate al posizionamento del pro-

blema scientifico (materiali di sintesi, tema della trasparenza, trasparenza in collegamento alla materia del restauro, aspetti tecnologici dei materiali di sintesi, materiali di sintesi applicati alla materia antica). La prima fase della ricerca ha visto anche l'approfondito svisceramento dei concetti attorno ai quali si snoda il percorso di ricerca, consultando anche fonti trasversali alle due discipline di riferimento (tecnologia e restauro) verso un'analisi del concetto di trasparenza, di protezione, di valorizzazione, fruizione e di "lettura" dei manufatti storico-architettonici, e lo studio del concetto di trasparenza nelle diverse epoche, a seconda della filosofia del restauro applicata, attraverso la valutazione dei sistemi di protezione secondo una scansione cronologico-temporale, anche in base alle variazioni nelle modalità di fruizione del patrimonio storico-architettonico.

Fase 2 - Le materie plastiche: cronologia di sintesi. Classificazione dei materiali plastici presenti sul mercato. Proprietà chimico-fisiche, meccaniche e prestazionali delle materie plastiche. L'evoluzione nelle applicazioni degli elementi in materiali di sintesi negli interventi di protezione e restauro. Panorama dei materiali plastici trasparenti attualmente utilizzati a fini conservativi. Schede prodotto dei materiali di sintesi utilizzati negli interventi di protezione e restauro (caratteristiche tecniche).

Fase 3 - Definizioni generali e classificazioni di massima delle materie plastiche con proprietà della trasparenza. Classificazione e definizione dei requisiti dei componenti in materiali di sintesi nelle applicazioni a manufatti storico-architettonici; codificazione delle soluzioni: criteri, esigenze e requisiti delle applicazioni su manufatti storici; definizione dello stato dell'arte dal punto di vista delle esigenze prestazionali.

Fase 4 - Definizione di un repertorio dei criteri ed esempi tecnologici, di materiali di sintesi e di metodologie. Selezione di interventi di restauro e protezione realizzati e casi studio secondo il criterio dell'utilizzo dei materiali di sintesi con proprietà di trasparenza.

Fase 5 - Sintesi conclusiva della ricerca; valutazioni critiche riguardo ai risultati ottenuti dall'attività di ricerca e riflessioni conclusive in tema di restauro, conservazione e valorizzazione come "motore" dell'innovazione. Quadro conclusivo sulle potenzialità di innovazione futura e sulle possibili linee guida di sviluppo.

Definizione dei limiti della ricerca

Il campo di indagine, oltre ad escludere gli elementi in materiali di sintesi che non presentano la proprietà della trasparenza, comprende brevi richiami di trattazione sul vetro, indagato solo dal punto di vista criti-

co relativamente alla proprietà della trasparenza e per confronto con l'oggetto della ricerca e richiamo alla caratteristica principale, quando applicato con finalità volte alla protezione, alla valorizzazione e alla fruizione, e non approfondito dal punto di vista tecnologico-prestazionale.

Non viene affrontato il tema della trasparenza correlato a dispositivi in ambienti interni o teche protettive di oggetti d'arte, non essendo inerente all'oggetto della tesi, che si occupa dell'aspetto morfologico, protettivo e conservativo di elementi posti su superfici architettoniche esterne.

L'indagine non è limitata al territorio nazionale, sia per quanto riguarda il reperimento di casi studio significativi, anche in relazione alle più frequenti e condivise prassi operative, che per quanto riguarda la consultazione delle fonti in materia di innovazione tecnologica dei materiali di sintesi con proprietà di trasparenza applicati agli interventi di restauro sul patrimonio storico-architettonico al fine di tracciare con maggiore chiarezza lo stato dell'arte e di avanzamento delle conoscenze.

La riflessione relativa all'opportunità di operare una più precisa delimitazione del campo di indagine, se esclusivamente archeologico o architettonico in generale, ha portato alla scelta di non escludere l'uno o l'altro ambito dal repertorio di casi studi conclusivo, pur avendo riscontrato una maggior frequenza nell'uso della proprietà della trasparenza, in forma di applicazione di componenti-lastre, in ambito archeologico. È escluso dalla ricerca il tema della sostenibilità.

Sul concetto di trasparenza

Il primo capitolo cerca di delineare, attraverso definizioni e confronti etimologici, il significato della “trasparenza” nell’ambito fisico e nell’ambito percettivo non tralasciando dalla ricerca alcune possibili suggestioni culturali che, travasate dalla letteratura, dall’arte e dal design, entrano a far parte soprattutto nel Novecento del dibattito culturale ed architettonico. Un percorso accennato che aiuta ad introdurre il tema dell’innovazione tecnologica, nel quale la trasparenza, proseguendo la trattazione, assumerà un ruolo principale.

“Certamente si tenterà anche di inventare dei materiali che possano fare concorrenza al vetro. Penso per esempio a materiali elastici come la gomma e perfettamente trasparenti. [...] Ma le cose possono anche cambiare. Non è escluso che si inventino materiali resistenti e durevoli e, al tempo stesso, perfettamente trasparenti. Con questi inventori che aumentano di continuo, alla fin fine tutto diventerà possibile”

P. Scheerbart, *Architettura di vetro*, 1914

- 1.1 Definizione e aspetti percettivi
 - 1.1.1 La *fisica* della trasparenza
 - 1.1.2 La percezione della trasparenza
- 1.2 Dall’etimologia alle suggestioni culturali
 - 1.2.1 Etimologia e significati
 - 1.2.2 Il *Grande Vetro* di Duchamp e la gomma trasparente di Munari
 - 1.2.3 La casa trasparente
- 1.3 Trasparenza e innovazione tecnologica

1.1 Definizioni e aspetti percettivi

“Trasparenza è un termine che sottende ambiguità e polivalenza di significati. Basta pensare da un lato alla trasparenza come proprietà ottica, e come tale definibile solo in contrapposizione all’opacità, dall’altro ai molti sensi figurati – spesso abusati – che il termine ammette. [...] Una ambiguità che appare esaltata quando si prendono in esame i significati – e i fenomeni derivati – che la trasparenza ammette in architettura, là dove la terza dimensione, che la pittura può solo suggerire, diventa un riferimento fondamentale”¹.

L’oggetto della presente ricerca richiede la precisazione proprio della polivalenza di significati del termine trasparenza, che viene qui assunta e trattata in senso materico e secondo le caratterizzazioni proprie della branca della fisica che tratta l’ottica e in senso figurato, relativamente alle possibilità di lettura, di corretta visione e di protezione che un componente caratterizzato dalla proprietà della trasparenza può assicurare alla materia antica di un bene storico-architettonico, comprendendo quindi le accezioni di immaterialità e di minimo impatto visivo, nonché di distinguibilità, e che legano trasparenza e restauro, di cui si tratterà nel capitolo successivo. Il tema della trasparenza si collega alla duplice esigenza di protezione di un bene architettonico o di una superficie, definendo uno spazio protetto pur essendo aperto e psicologicamente illimitato pur essendo chiuso o “racchiuso”, uno spazio né esterno né interno ma luogo di controllo climatico e qualitativo, anche dal punto di vista della modulazione della luce nelle sue componenti.

L’aggettivo *trasparente* (*trans* - “trans” - e *parere* - “apparire”) è proprio di “corpo che lascia passare la luce (in contrapposizione a *corpo opaco*), e che quindi lascia vedere, più o meno chiaramente, gli oggetti che rispetto all’osservatore sono al di là del corpo stesso”; e inoltre, in senso figurato “chiaro, di facile comprensione o interpretazione, intuibile o deducibile con facilità anche se non espresso esplicitamente” e “schietto, sincero, incapace di finzioni o ipocrisie, che lascia trasparire quello che pensa. Anche in atti, comportamenti, situazioni, procedimenti in cui tutto è chiaro, aperto, palese, facilmente verificabile e controllabile”². *Trasparenza* è “la caratteristica e la proprietà di essere trasparente; la maggiore o minore trasparenza di un corpo, dipendente non solo dalla sua natura, ma, in generale, anche dal suo spessore. In particolare, in fisica, nozione inizialmente riferita alla luce, ma che può estendersi a tutto lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari; con riferimento a un corpo, la trasparenza che lo caratterizza è rappresentata dal coefficiente di trasparenza, cioè dal rapporto tra l’intensità della radiazione che lo attraversa e quella totale dalla quale il corpo è investito. Con riferimento ad atti, comportamenti, situazioni modi di procedere, soprattutto nella vita pubblica e nei rapporti con la collettività, significa chiarezza, pubblicità, assenza di ogni volontà di occultamento e di segretezza”³.

1.1.1 La fisica della trasparenza

Di fatto, in senso materico, i parametri fisici che caratterizzano e descrivono i fenomeni di trasmissione luminosa vengono precisati anche al fine di comprendere meglio le caratteristiche che un componente trasparente, a seconda del materiale costituente, dello spessore, delle caratteristiche di superficie, ecc. può assicurare in termini di prestazioni relativamente alla trasmissione luminosa, e quindi alla *quantità* e *qualità* di trasparenza, e in termini di protezione, e quindi di *filtro* alle radiazioni dannose alle superfici che necessitano di protezione (ad esempio, dai raggi ultravioletti).

Il concetto di trasparenza e la sua definizione (o una delle sue possibili definizioni) è strettamente legato all’entità fisica della luce, a sua volta definibile in diversi modi (raggio, onde elettromagnetiche di diverse lunghezze d’onda, particelle di fotoni, ecc.). Esistono inoltre aspetti *geometrici* legati alla luce, non solo per quanto riguarda direzione e verso di propagazione ma anche relativamente al piano di oscillazione delle onde (casuali e su tutti i piani o su un solo piano). Il rapporto tra flusso luminoso e materia coinvolge tutti questi aspetti: la trasparenza è il risultato di tutte queste interazioni⁴.

Secondo il linguaggio della fisica, i *corpi* possono essere distinti in trasparenti, ossia in grado di far passare la luce, opachi, che non si lasciano attraversare da essa, e traslucidi, che pur lasciando passare una percentuale della radiazione luminosa non consentono di distinguere, attraverso di essi, gli oggetti⁵. La trasparenza di un corpo dipende però, oltre che dalla sua natura, dallo spessore; si prenda come esempio l’acqua del mare, che è trasparente per piccole profondità, mentre a 500 metri di profondità si percepisce il buio assoluto⁶.

Se un materiale presenta una struttura omogenea un raggio luminoso può percorrerlo indisturbato: il mezzo è in questo caso perfettamente trasparente. In generale però nessun materiale è in questa condizione, e quindi il flusso luminoso viene parzializzato: mentre le radiazioni di certe lunghezze d’onda passano, altre vengono bloccate, cambiando così la qualità del flusso trasmesso.

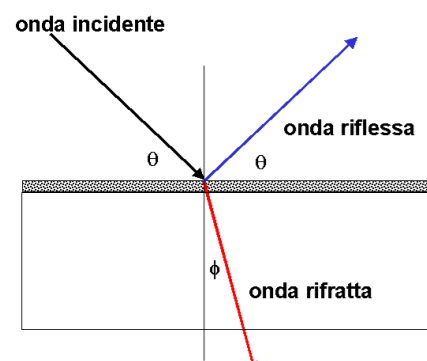
La trasparenza non riguarda solo il passaggio di quella parte di onde elettromagnetiche che il nostro occhio è in grado di percepire, ma anche le onde fuori dal campo del visibile: ultraviolette (a bassa lunghezza d’onda) e infrarosse (ad alta lunghezza d’onda). Anche nel campo del visibile poi un materiale può essere trasparente a tutto lo spettro (permette cioè il passaggio della luce bianca) o solo ad alcune bande (trasforma la luce bianca in luce colorata); oppure ancora può presentare fenomeni di dispersione, cioè scomporre un flusso di luce bianca nelle sue differenti componenti cromatiche (un raggio viene diviso in raggi monocromatici). Il materiale può produrre inoltre un effetto di polarizzazione, permettendo il passaggio solo alle onde elettromagnetiche poste su un preciso piano⁷. Il fenomeno della polarizzazione si può

spiegare dal momento in cui la luce emessa da una qualsiasi sorgente naturale è composta normalmente da onde che vibrano trasversalmente nello spazio senza che vi sia una particolare direzione privilegiata. Se sul cammino del fascio viene posto un corpo avente la proprietà di essere trasparente solo a quelle radiazioni che vibrano in un determinato piano, allora la luce emergente da quel corpo esce polarizzata, nel senso che è composta unicamente da quelle onde che giacciono in quel piano privilegiato mentre tutta la restante parte dell'onda incidente viene respinta dal corpo stesso⁸.

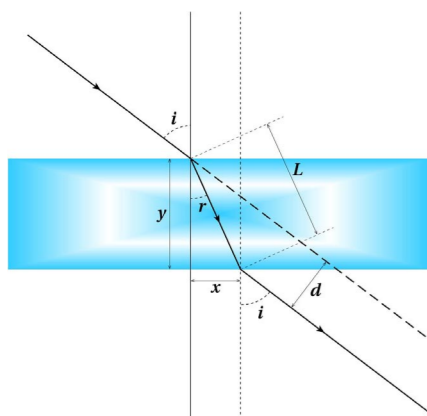
In questa sede interessa in particolare approfondire il comportamento della luce analizzando ciò che avviene quando un fascio luminoso emesso da una sorgente incontra un ostacolo (un corpo, nella fattispecie l'elemento lastra). La trasparenza è il risultato di un'interazione tra il flusso luminoso e il materiale da esso colpito. La luce, passando da un mezzo a un altro, in parte lo penetra e in parte viene riflessa da questo. La qualità e la quantità di luce riflessa dipendono dall'angolo di incidenza con il quale la luce colpisce la superficie e sono quindi esprimibili in funzione delle proprietà ottiche nei due materiali considerati.

Il raggio incidente sulla superficie viene riflesso, ossia rimandato nel semipiano di provenienza in una direzione che dipende dall'inclinazione originaria del raggio. L'angolo di incidenza è quello formato dal raggio incidente e dalla normale nel punto di incidenza; l'angolo di riflessione è quello formato dalla stessa normale con il raggio riflesso. Quindi, la quantità e la qualità della luce riflessa dipendono dalle caratteristiche ottiche del materiale, espresse dall'indice di rifrazione⁹ e dall'angolo di incidenza¹⁰. Il fenomeno della rifrazione può essere spiegato analizzando gli effetti del passaggio di un raggio luminoso da un mezzo ad un altro con caratteristiche fisico-chimiche completamente diverse. Se il raggio incide perpendicolarmente sulla superficie di separazione dei due mezzi esso prosegue nella direzione originaria senza alcun effetto particolare. Se invece l'angolo di incidenza ha un valore diverso da zero parte del raggio incidente viene riflessa e parte prosegue nel secondo mezzo in una direzione diversa da quella iniziale. L'angolo di rifrazione è quello formato dal raggio rifratto e dalla normale nel punto di incidenza. Nel caso in cui la luce passi dall'aria al vetro, ad esempio, il raggio rifratto si avvicina alla normale. Con altri materiali trasparenti, purché sempre di densità maggiore dell'aria, il fenomeno si ripete con le stesse caratteristiche, ossia in ogni caso la densità relativa dei due mezzi determina l'entità della deviazione subita dal raggio luminoso. Più precisamente, se un raggio di luce passa da un mezzo meno denso ad uno più denso si avvicina alla normale, mentre si allontana da essa nel caso contrario¹¹.

La luce può essere assorbita solo in parte e la restante parte muoversi in una direzione diversa da quella del raggio incidente. L'angolo di questa deviazione è detto "angolo di diffrazione"¹² che, a sua volta, può essere diverso per diverse lunghezze d'onda, dando luogo al fe-



Schema del fenomeno della riflessione e della rifrazione



Fenomeno della rifrazione al passaggio di un'onda attraverso un mezzo

nomeno di dispersione.

Se l'assorbimento è uguale su tutto lo spettro del flusso incidente si verifica una diminuzione quantitativa del flusso luminoso; oppure può essere differenziato per le diverse lunghezze d'onda: ad esempio il materiale può risultare opaco alle radiazioni ultraviolette, a quelle infrarosse o a una parte dello spettro visibile¹³.

Il parametro più usato per valutare l'effetto dell'assorbimento è la trasmittanza cioè il rapporto tra l'intensità della luce uscente da una lastra di materiale e quella incidente su di essa.

Tutti i corpi emettono energia radiante sotto forma di onde elettromagnetiche che si propagano nello spazio.

Il sole costituisce per la terra la principale fonte di energia radiante; lo spettro di distribuzione dell'emissione solare si può suddividere, in funzione della lunghezza d'onda λ , in tre diversi campi che comprendono il 98% dell'energia solare radiante¹⁴:

- campo dell'ultravioletto vicino (30 < λ < 380 nm)
- campo del visibile (380 < λ < 780 nm)
- campo dell'infrarosso vicino (780 < λ < 2500 nm)

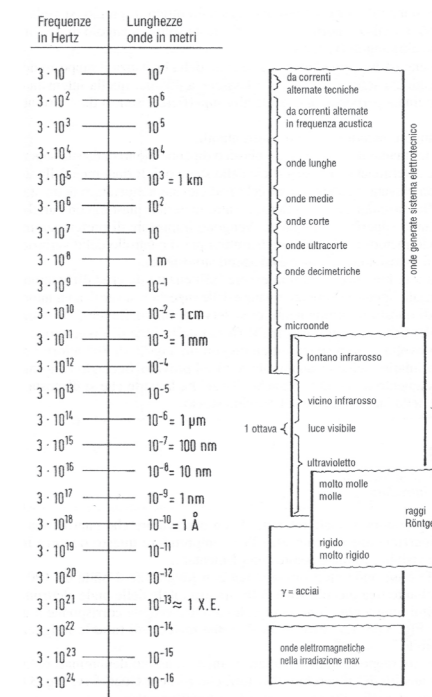
La radiazione solare è quasi equamente ripartita tra il campo del visibile (radiazioni luminose: 54%) e il campo scuro (ultravioletti + infrarossi: 46%) il cui irraggiamento non è visibile all'occhio umano.

Il campo del visibile può essere suddiviso a sua volta in diversi intervalli di lunghezza d'onda in base ai quali l'occhio umano distingue i singoli colori.

La quasi completa coincidenza tra l'emissione solare e il campo di trasparenza del vetro ha concorso a determinare la fortunata ascesa di questo materiale. Il vetro, infatti, è un materiale trasparente alle frequenze comprese tra i 300 e i 2800 nanometri (nm); permette, cioè, il passaggio di tutte le componenti che formano la luce bianca visibile all'uomo, mentre la sua opacità alle frequenze ultraviolette è quasi totale e per frequenze superiori a 2500 nm la trasmissione decresce rapidamente. Il vetro è un quindi materiale trasparente con coefficiente di trasmissione luminosa diverso da zero. Il coefficiente di trasmissione luminosa è un parametro che varia al variare della lunghezza d'onda del raggio incidente.

La componente luminosa che penetra nel secondo mezzo continua il suo percorso con una direzione diversa dal raggio incidente. Questa deviazione, identificata dall'angolo di diffrazione e diversa per diverse lunghezze d'onda, dà luogo al fenomeno della dispersione, manifestazione che provoca la scomposizione del flusso di luce bianca nelle sue diverse componenti cromatiche.

Inoltre, la componente di luce che penetra nel secondo mezzo può essere parzialmente o totalmente assorbita, come nel caso di materiali che risultino opachi, trasformandosi in energia termica. L'assorbimento



Spettro delle onde elettromagnetiche

può, a sua volta, essere indifferenziato su tutto lo spettro del flusso incidente, producendo così una diminuzione quantitativa della luminosità o, caso più interessante, può essere differenziato per le diverse lunghezze d'onda, rendendo così il materiale opaco a determinate radiazioni (ad esempio alle infrarosse o alle ultraviolette), ma non alla luce visibile.

Il valore, relativo ad una specifica lunghezza d'onda, del rapporto tra l'intensità della luce uscente e quella incidente su una lastra, è espresso da un parametro che viene definito "fattore di trasmissione luminosa"¹⁵.

Il fattore di trasmissione luminosa varia in funzione dell'angolo di incidenza del raggio, rispetto alla normale alla superficie; più aumenta l'angolo di incidenza più aumenta la componente luminosa riflessa ed assorbita e di conseguenza diminuisce la parte trasmessa.

I valori di riflessione e trasmissione misurati in laboratorio vengono calcolati operando con un flusso luminoso incidente avente angolazione, rispetto alla normale, compresa tra 0 e 75 gradi¹⁶.

1.1.2 La percezione della trasparenza

Se dal punto di vista delle leggi dell'ottica e nel contesto di una interazione fisica tra radiazione elettromagnetica e materia le valutazioni strumentali che ne derivano si inquadrano in uno schema di comportamenti misurabili, dal punto di vista della percezione visiva non si può affermare altrettanto. "La capacità di percepire il mondo esterno ci pare così naturale che di solito la diamo per scontata. [...] L'errore più comune è pensare che l'immagine ottica all'interno del bulbo oculare ecciti i fotorecettori retinici per poter essere trasmessa fedelmente lungo un cavo chiamato nervo ottico e mostrata su uno schermo chiamato corteccia visiva. È un evidente errore logico, perché se un'immagine viene proiettata su uno schermo interno, nel cervello ci dev'essere qualcuno che la guarda e, perché ci sia questo qualcuno, ci dovrà essere qualcun altro all'interno del suo cervello; e così ad infinitum"¹⁷. I progressi ottenuti negli ultimi vent'anni dalle neuroscienze se da un lato hanno dato conferme fisiologiche alle teorie sviluppate nei primi anni del Novecento dagli psicologici della Gestalt¹⁸, dall'altro stanno recuperando un quadro di complessità funzionale che impegna molte aree del cervello¹⁹ e non solo sul piano della coscienza. È quindi possibile oggi modificare fortemente quanto era stato fisiologicamente descritto nei secoli precedenti. L'atto della visione è guidato da una via di trasmissione (che sarebbe meglio chiamare di *trasformazione* o di *traduzione*) conscia e da una via inconscia che compie un lavoro di elaborazione dei dati. La "prerogativa culturale"²⁰ che è stata alla base dell'evoluzione degli ultimi cinquemila anni ha determinato il bisogno di prevedere i comportamenti (così come gli scenari) e una buona parte di strutture

del nostro cervello (si pensi ad esempio al ruolo dei «neuroni specchio») consentono un'ottima simulazione virtuale delle azioni e delle intenzioni, che spesso si inquadrano in un contesto non solo sociale ma anche fisico ed ambientale. Se quindi la percezione visiva è un 80% *dare* e solo un 20% *ricevere* è intuitivo comprendere come percepire la realtà e relazionarsi ad essa dipenda sostanzialmente dalla struttura della memoria, dall'esperienza e dalla capacità immaginativa che si può attivare²¹. Si sceglie cosa, quando e quanto vedere, e, durante questa selezione, si pongono le basi per il confronto, la valutazione e la disponibilità a realizzare altre future sperimentazioni. Di straordinaria importanza, per la comprensione dei processi che guidano le funzioni del cervello sono gli studi di neurologia e di neuropsicologia condotti su persone con agnosie visive²²: condizioni limite che, attraverso la perdita o l'assenza, consentono di identificare funzionamenti parziali e selettivi nei sensi²³.

Anche la "percezione della trasparenza" quindi, non è esclusa da questo quadro di riferimento. Per schematizzare si possono definire tre aspetti di significato.

La trasparenza è indotta fortemente dalle qualità del contesto. "Dal punto di vista fisico, la trasparenza si ottiene quando la superficie antistante lascia passare la luce sufficiente per vedere il pattern sottostante [...]. Tuttavia la trasparenza fisica non è affatto garanzia di trasparenza percettiva: quando si inforcano gli occhiali colorati che coprono l'intero campo visivo, non si vede una superficie trasparente antistante un mondo dai colori normali, ma si vede un mondo rosa o verde. E quando sopra a un dipinto è applicata una laccatura, se lo strato è uniforme non lo si vede. [...] Si conclude che quando la forma della superficie fisicamente trasparente coincide con la forma dello sfondo, la trasparenza non si vede; e nemmeno si vede quando un pezzo di materiale trasparente è collocato su uno sfondo omogeneo"²⁴.

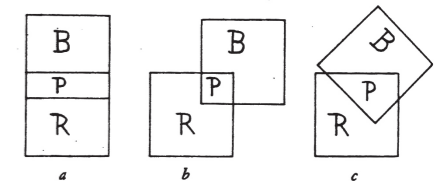
La trasparenza può anche essere basata esclusivamente su rapporti formali. Un ragionamento compositivo che sfrutta la forza percettiva delle forme e trova alcune basi teorico-artistiche nell'esperienza cubiste di Lyonel Feininger e di Paul Klee, "che hanno usato questo procedimento per smaterializzare la sostanza fisica e spezzare la continuità spaziale"²⁵.

1.2 Dall'etimologia alle suggestioni culturali

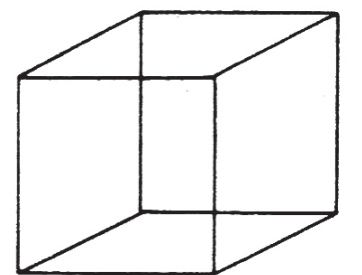
Approcciarsi alla trasparenza in questo ambito di ricerca, costituisce non solo un obbligo di chiarimenti concettuali e definizioni ma anche di comprensione dei significati correlati, a partire dall'etimologia del termine. Poi, aprendo il campo all'uso più ampio appare con forza come l'attribuzione descrittiva e specifica risulta fonte di spessore di ragionamento, di rarità di concettualizzazione, di selettiva capacità di funzio-



Il rapporto di trasparenza tra lettere nere e raggio di luce bianca crea, per induzione, una trasparenza addizionale del raggio in rapporto allo sfondo grigio



Tre fogli colorati (red, purple, blue) costruiscono i pattern su un foglio di carta bianca. In -c- si osserva una forte trasparenza, nessuna in -a-, forse una leggera in -b-. Sul piano formale: -c- produce una forte separazione in profondità tra i due oggetti, -a- nessuna e -b- una leggera separazione. La sovrapposizione delle forme è prerequisito della trasparenza: una condizione percettiva necessaria ma non sufficiente



Nel disegno lineare di un "cubo a fil di ferro" si percepisce distintamente una doppia rappresentazione di superfici, dove in entrambi i casi una faccia frontale vitrea si colloca in trasparenza davanti ad una faccia posteriore

nare (nel testo come nella materia come nei comportamenti). Se da un lato il termine non è certamente portatore di palesi significati, che permettano di connettere differenti tematiche, dall'altro può sembrare che il termine nel suo agire aspiri all'ambiguità, mentre, con grande probabilità, si scontra con gli effetti dell'incomprensione e della banalizzazione. Ad esempio, basti pensare alla rarità del termine trasparenza (e dei suoi derivati) in letteratura: sempre connesso con attenzione e abilità finalizzata, entra nel testo con un ruolo logico e simbolico. Esiste quasi una *tecnologia della trasparenza* che si esprime non solo nel mettere in atto un effetto (singolo, duplice o molteplice come si vedrà) ma anche nella limpidezza del contesto di forme (letterarie, storiche e materiche) che strutturalmente devono funzionare, perché la trasparenza venga alla luce.

Forse è proprio per questa *capacità*, o forse sarebbe meglio dire *potere*, di *transfer* (concettuale e non solo), che il termine agisce come un protocollo di trasferimento finalizzato a risolvere in maniera trasparente incompatibilità tra differenti sistemi o sottosistemi spaziali e temporali (in letteratura come in architettura). E dove l'articolazione è complessa, come nei contesti delle antiche architetture dove si richiede di avere la sovrapposizione di più effetti di contestualizzazione storica, la trasparenza risulta un ottimo risolutore: attraversare la quarta dimensione non è impresa da poco.

1.2.1 Etimologia e significati

Il termine è una parola composta che risulta dalla sommatoria di due parti.

Il prefisso "trans" (nell'etimo di origine latina) attribuisce un significato *dinamico*: come se si potesse "vedere il movimento". Quando le parole portano questa componente i significati da un lato si moltiplicano, dall'altro acquisiscono (sia per la dimensione *esteriore* che per quella *interiore*) una valenza temporale.

La seconda parola "parere" (sempre nell'etimo latino) aggiunge poi un elemento che conduce nella condizione fisica e percettiva. È la condizione del contesto con i fattori di contrasto e/o i gradienti fisico-chimici che permettono di *risaltare*. Nell'apparenza è insita una *neutralità* che aspetta di essere collocata.

Quando si combinano le due parole i significati si moltiplicano²⁶.

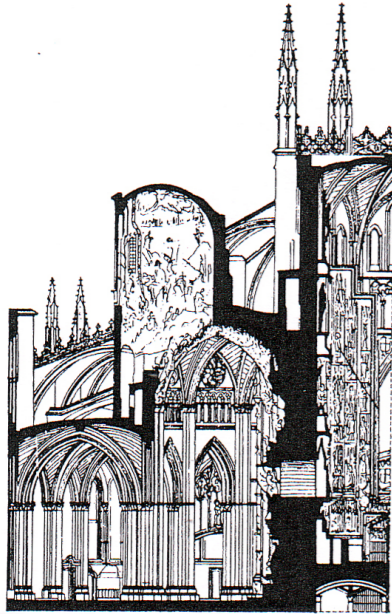
Un primo, dominante e scientifico, costituisce una caratteristica e una proprietà della materia. È correlato alla luce e alla natura chimica e fisica della materia e del suo strato superficiale ma anche allo spessore che viene interessato dalla radiazione elettromagnetica.

Un secondo, fisiologico e in parte psicologico, pone in rapporto la materia con le sue proprietà prime descritte e l'effetto che si ottiene rispetto ad un osservatore. "Vedere in trasparenza" sfrutta etimologicamente

la funzione molteplice del prefisso che non solo cattura e filtra la radiazione luminosa, ma interpone qualcosa tra osservatore e oggetto. L'azione non è banale: dal punto di vista architettonico combina una gerarchia di effetti e di sistemi di cui i processi compositivi e tecnologici sono ben consci da tempo. Il risultato non è solo determinato dalla qualità materiale dei dispositivi ma dalla sensibilità dell'osservatore sul piano della fisiologia sensoriale, sul piano cognitivo, ma anche in rapporto ai processi culturali che un determinato sistema spaziale può determinare. Molteplici possono essere i livelli di profondità e di messa a fuoco in cui indurre gradi diversi di *leggibilità*. "Vedere in trasparenza" è un'esperienza comune, vissuta spesso con disattenzione in molti comportamenti quotidiani. Eppure non è mai casuale il rapporto che si instaura. "Vedere in trasparenza" costituisce in qualche modo il tentativo di selezionare la complessità del reale attraverso un processo di comprensione che cerca di mettere in relazione le parti. Seguendo questa attribuzione di significato, connessa all'impianto in cui si sviluppa la ricerca, forse è opportuno anche ricordare che l'etimologia della seconda unità terminologica ("parere") porta con sé una forte valenza concettuale e soprattutto *contestuale*, senza la quale risulterebbe povera cosa il potere del termine. Graficamente²⁷ non solo la scelta di un sistema di riferimento e di un punto di osservazione possono fare la differenza, ma architettonicamente anche la definizione di un contesto spaziale e temporale di inserimento in cui ogni azione nasce e si sviluppa, contribuiscono alla ricchezza e alla variazione degli effetti significativi e simbolici. Il tempo, non solo è parte dimensionabile sul piano fisico dell'atto, che per quanto istantaneo porta con sé perdita di energia, riflessioni, rifrazioni, alterazioni cromatiche, modificazioni superficiali e gradazioni di densità che non possono essere intuite se non nella trasformazione e nel passaggio temporalmente espressi, ma è anche parte concettuale, e quindi storica, fondamentale dell'azione. Forse non esiste nulla, traducibile con la matericità delle cose, potente come la trasparenza per suggerire i livelli²⁸ e forse più spesso i *dislivelli temporali* che l'architettura compone e cerca di esprimere.

Un terzo significato attribuisce alla trasparenza una qualità positiva in cui porre un valore di confronto (rispetto alla collettività, al mercato, alle convenzioni sociali e ai regolamenti con cui si esprime la società). Che sia l'individuo che si rapporta nella sua vita pubblica ad un ruolo politico, o un'azione economica che tende a far risaltare la leggibilità del processo di interesse o non-profit, questo significato appare, soprattutto nella definizione attualizzata, un contrario di segretezza e occultamento. Anche in questo caso il contesto con le sue regole determinano il grado di visibilità dell'apparenza. Nulla è trasparente e tutto è visto in trasparenza rispetto a qualcosa.

Un quarto, tipicamente *selettivo* e architettonico, porta dall'aggettivo al sostantivo "trasparente, vero e proprio spazio architettonico sviluppatosi in Spagna durante il Barocco e il Settecento con valenza illusioni-



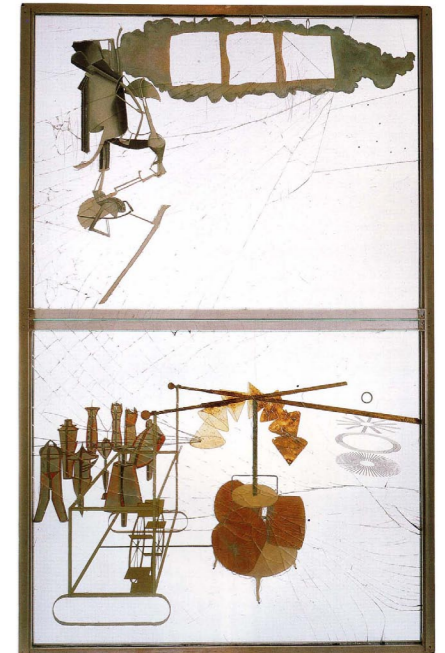
Trasparente. Sezione sulla parte terminale del coro della cattedrale di Toledo, che mostra la rimozione del temponamento della volta per consentire l'illuminazione del trasparente

stica²⁹. È singolare come in questo caso, le motivazioni che spingono gli architetti a creare un luogo inondato di luce (fino a sfondare i tamponamenti delle volte tra le nervature) e di grande effetto scenografico derivino proprio da un'imposizione delle convenzioni dell'ortodossia cattolica: il popolo non poteva condividere fisicamente il deambulatorio che arricchiva la zona absidale alle spalle del deposito sacramentale. Allora venne inventato un "trasparente" che permettesse l'introspezione dal coro e dalla navata (oltre che dal deambulatorio) aprendo alla vista ciò che era proibito al corpo. In questo caso, al di là del virtuosismo architettonico, è interessante evidenziare come la concentrazione di tutti i significati trova uno straordinario quanto raro compimento.

1.2.2 Il Grande Vetro di Duchamp e la gomma trasparente di Munari

La messa in crisi delle regole consumistiche, del tracciato artistico, dei vincoli condizionanti del progetto sono solo alcuni dei temi in cui molte espressioni delle avanguardie dei *primi* del Novecento come del Secondo Dopoguerra si confronteranno. Forse Marcel Duchamp esprime al meglio la violenta quanto esasperata concettualizzazione di ogni atto creativo in cui la materia come le forme rispondono al contesto di inserimento. Per Duchamp non è solo la decontestualizzazione (si pensi al famoso scolabottiglie) che fa apparire un nuovo "oggetto estetico" distruggendo la banalità della *routine*, ma è anche la possibilità di immersione quadridimensionale in geometrie non-euclidee ad offrire un tramite per l'anti-anonimato e per l'apertura verso un futuro astrattismo. Il *Grande Vetro* rappresenta questa ricerca in cui la struttura

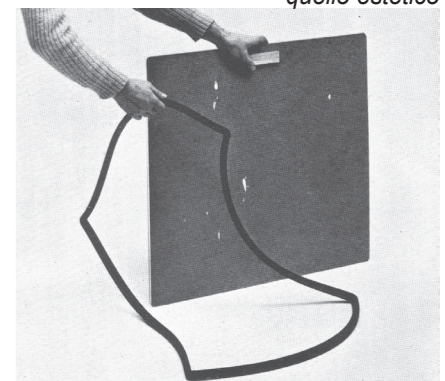
Jasper Johns: scenografia con elementi tratti dal "Grande Vetro", in "Walkaround Time" di Cunningham, New York, 10 marzo 1968



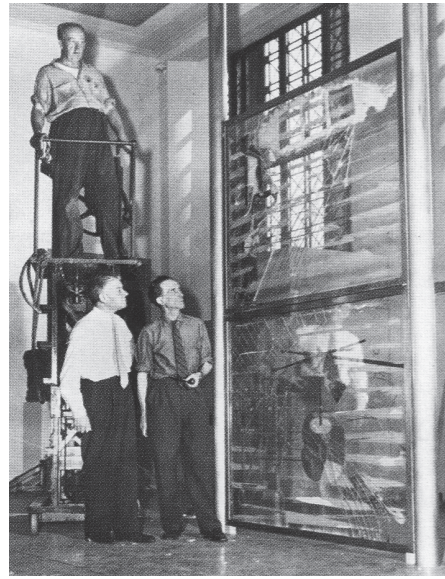
Marcel Duchamp: "La Sposa messa a nudo dai suoi scampoli, anche o il Grande Vetro" (1915-1923), olio, vernice, foglio di piombo, filo di piombo e polvere su due lastre di vetro montate con alluminio, legno e cornici di acciaio, Philadelphia Museum of Art

Marcel Duchamp: il "Grande Vetro" (1915-1923), installazione al Philadelphia Museum of Art

Quando il cambio di materia è legato alla creatività, produce sempre qualcosa che prima non c'era ma risolve dei problemi sotto tutti gli aspetti compreso quello estetico



trasparente del vetro e riflettente dello specchio sono utilizzate per deformare i canoni convenzionali della prospettiva classica³⁰. Cambiare posizione e geometria (Marcel Duchamp), colore e superficie (René Magritte), densità (Salvator Dali), profondità (Lucio Fontana) agli oggetti permette di vedere in trasparenza altri significati delle cose. Ma se si sviluppa da queste tendenze estreme dell'arte un pensiero creativo che punta all'invenzione di ciò che non esiste, di un artificio, cosa si può produrre? Scriveva Bruno Munari: "... si può pensare ad un vetro elastico o a una gomma trasparente. Questo è un pensiero fantastico, proprio perché non mi pare che ci sia oggi un vetro elastico come la gomma. L'immaginazione si mette in moto di conseguenza e mi pare di vederlo questo vetro elastico... che cosa succede se lo tiro? niente?



Marcel Duchamp, Henri Marceau e un operaio durante l'installazione del "Grande Vetro" al Philadelphia Museum of Art (19 luglio 1954)

sarà come uno strato d'acqua limpida? L'immaginazione comincia ad immaginarlo, e vederlo. La creatività può pensare a qualche uso proprio giusto per lui. L'invenzione può pensare alla formula chimica per produrlo"³¹.

1.2.3 La casa trasparente

Se il corpo quindi può essere trasparente come metafora di uno stato dell'animo, lo spazio costruito invece diventa trasparente attraverso la trasformazione del suo involucro e di parti di esso. La *trasparenza* si pone come risposta ad un'esigenza relazionale per vivere in rapporto con il resto della città e dell'ambiente. Scriveva Aldo Palazzeschi: "... lo sogno una casina di cristallo. Proprio nel mezzo della città, nel folto dell'abitato. Una casina semplice, modesta, piccolina piccolina, tre stanzette e la cucina. Una casina come un qualunque mortale può possedere, che di straordinario non abbia niente, ma che sia tutta trasparente, di cristallo. Che si veda bene dai quattro lati la via, e di sopra bene il cielo, e che sia tutta mia. L'antico solitario nascosto non nasconderà più niente alla gente..."³². Una visione che anticipa le problematiche attuali in cui alcuni modelli abitativi e comportamenti sociali tendono a limitare gli stimoli di interdipendenza e di solidarietà attiva. In chiave diversa, ma sempre secondo il medesimo registro psicologico, i bambini di un piccolo centro del Reggiano coinvolti dopo gli eventi di un terremoto distruttivo nel proporre l'idea di abitazione³³



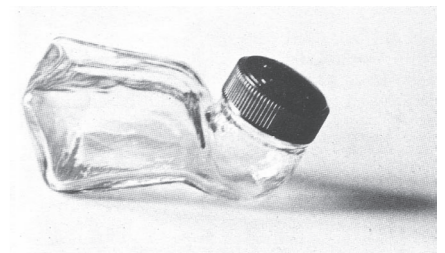
"Valori personali", René Magritte

chiedono una casa che sia ovviamente *dura fuori (ma morbida dentro)*, una casa *bambina e grande* (per contenere le loro idee e i loro desideri) ma anche *trasparente*: "Mi piace il vetro perché è trasparente così guardo fuori se c'è il sole, se piove.." e "Io vorrei una casa di vetro, un vetro morbido un po' azzurrino, anche il tetto vorrei di vetro... Io la voglio così perché secondo me è bella, è trasparente perché voglio vedere le cose quando sono a letto, tiro giù le tapparelle e con il tetto di vetro posso vedere il cielo e anche gli uccelli e quando c'è troppo sole ci metto una coperta". Nel pensiero del progettista so esigenze che possono tradursi in componenti dove alcuni requisiti sono dominanti ma solo se flessibili e adattabili. Quando Giò Ponti scriveva nel Secondo Dopoguerra: "L'Architettura è un cristallo, l'Architettura pura è un cristallo: quando è pura, è pura come un cristallo, magica, chiusa, esclusiva, autonoma, incontaminata, incorrotta, assoluta, definitiva, come un cristallo [...] puro specchio di leggi fisiche [...], è una cosa pura ma fissata alla terra, immersa un po' in essa, sorgente da essa"³⁴ immaginava, anche lui, nel formalismo funzionalista una risposta dell'innovazione tecnologica ai desideri irrinunciabili del sogno.

1.3 Trasparenza e innovazione tecnologica

Se è vero che i materiali "hanno costituito un punto fondamentale nella storia dello sviluppo dell'umanità. [...] Si può dunque affermare che lo sviluppo della civiltà è progredito di pari passo con la capacità dell'uomo di utilizzare nuovi materiali, ovvero di individuare nuovi modi di lavorare materiali noti, per le sue più svariate e crescenti esigenze: dalle costruzioni delle armi, agli utensili, agli ornamenti"³⁵. Un'idea di progresso che prevede una forte dose di ingegno connessa ad una ammirevole saggezza, non sempre disponibile³⁶. È una tecnologia che, per alcuni analisti del progresso, sviluppa i suoi risultati *cumulativamente* e dove trovano scopo e finalità le strategie di invenzione di "materiali, procedimenti costruttivi, tecniche di progettazione, logiche di aggregazione e montaggio, mutate da campi e tecnologie nate per soddisfare problemi diversi da quelli tradizionalmente presenti in edilizia, ma che opportunamente ripensati ed adattati hanno contribuito a precisare e ad applicare quel processo di trasferimento di tecnologie che ha consentito di rendere attuabili disegni e prodotti fino a quel momento desiderati ma irrealizzabili"³⁷. I nessi che si instaurano fra i materiali, i processi di innovazione tecnologica e il progetto facilitano la creazione di nuovi componenti, rendendo comprensibile la modalità in cui questa interazione sinergica può tradursi in strumenti o in elementi fisici per controllare e governare gli interventi e le modificazioni che agiscono sull'esistente per adeguarlo al continuo mutare delle esigenze umane.

Ma se sul piano teorico certi passaggi trovano una loro coerenza biso-



Boccetta per l'inchiostro progettata al tempo della prima Bauhaus. La forma di questa boccetta è determinata dall'analisi della funzione ed è accettata come forma logica

gna anche ricordare che spesso sussistono forti limiti nella capacità di controllo e di uso dei diversi materiali nell'applicazione concreta. "Carenze che spesso hanno origine nella errata definizione già a livello di progetto si sommano, producendo risultati indesiderati ed inattesi, ad errori di esecuzione nel momento propriamente realizzativo determinando come esito finale una caduta della qualità delle costruzioni che, ed è qui il paradosso, fa rimpiangere capacità e saperi che nel passato avevano saputo esprimere ben diversi risultati, malgrado l'enorme potenzialità attuale di conoscenze, di metodi e strumenti di analisi e di previsione, di efficienza organizzativa e tecnica"³⁸. Da un lato infatti la tecnologia, con la logica del progresso, tende a dare *assuefazione*³⁹ mentre dovremmo "preoccuparci della prevedibilità dei nostri sbagli, ma sentirci incoraggiati perché questa stessa caratteristica li rende utili alla comprensione di ciò che affrontiamo oggi"⁴⁰. Una riflessione che si può applicare allo sviluppo delle civiltà quanto a singoli percorsi di innovazione che permettono questo sviluppo, in cui il ruolo della scoperta e dell'invenzione, nel campo dei materiali come delle loro applicazioni, risulta determinante. Se esistono *nuovi materiali* quanto è compreso il valore di una *selezione tecnologica* che spinge verso un confronto prestazionale verificabile all'interno di tutto il sistema edilizio ed architettonico? Il più delle volte " [...] il rapporto tra materiali e innovazione si apre a diverse possibilità di argomentazione che, tuttavia, quando si limitano al denominatore dei -nuovi materiali-, si riducono spesso ad una raccolta, sempre per definizione incompleta, di schede tecniche"⁴¹. La riflessione, quindi, va riportata nel suo contesto effettivo, ovvero nell'ambito del rapporto tra progettazione e produzione industriale, in cui dovrebbero aver valore anche le reti di connessione con i contesti originari⁴².

Il rapporto tra materiali e innovazione tecnologica conduce inderogabilmente a valutare sempre una maggiore integrazione tra scienza e tecnica, attraverso la messa in comune di linguaggi e segmenti di competenze. Per quanto riguarda il "corretto" uso dei materiali e il ruolo e le competenze del progettista, "sarà necessario individuare un quadro di riferimento non più definito una volta per tutte ma configurato *ad hoc* secondo le singole e locali condizioni del manufatto esaminato, per il quale, insieme alle "poetiche" di riferimento, lo stato delle conoscenze tecniche e delle capacità produttive per l'occasione messe in campo"⁴³. Un quadro esigenziale sempre più articolato e complesso, anche nella definizione etimologica di *tessuto insieme*⁴⁴ che stimola, nell'attuale forma di organizzazione del processo produttivo, "l'emergere di linguaggi di descrizione e comunicazione che devono fare i conti con nuove esigenze di integrazione tra competenze e culture specialistiche"⁴⁵. Soprattutto in ambiti come quelli che riguardano i beni culturali lo sforzo di integrazione interdisciplinare è stato ed è molto forte, determinando un continuo sviluppo di sperimentali applicative andando a modificare atteggiamenti e comportamenti spesso autolimitativi. "[...]

Questo orientamento tradizionale ha incoraggiato il tecnico a considerare le varie proprietà dei materiali come un insieme di fenomeni non correlati tra di loro. [...] In antitesi con il tecnologo, lo scienziato puro non ha mai limitato i suoi studi ai materiali di immediata utilità pratica o di importanza industriale. Pertanto, egli ha potuto scegliere appropriatamente materiali puri e semplici, per sottoporli ad ambienti noti e controllati, costruendo una logica e dettagliata scienza della struttura e del comportamento della materia. In passato vi è stato uno scarso accordo tra i due metodi di accostamento allo studio dei materiali e, come risultato, sono state applicate dal tecnico pochissime cognizioni fondamentali dello scienziato puro. Però, la situazione ha subito un drastico cambiamento negli ultimi venti anni. Ciò è in parte dovuto alla necessità di impiegare materiali usuali in ambienti insoliti, nei quali un'esperienza pratica potrebbe essere acquisita solo con difficoltà, ed in parte come risultato della necessità di sviluppare nuovi materiali e nuove tecniche, spesso per condizioni ambientali affatto note"⁴⁶.

Attualmente il mercato offre prodotti innovativi anche grazie al processo di trasferimento tecnologico; processo che da altri settori di sviluppo e ricerca immette nei settori dei beni culturali, del restauro, delle procedure diagnostiche, dei trattamenti di pulitura, nuovi materiali, *composti intelligenti*, tecnologie integrate che adattano e incrementano qualitativamente i procedimenti industriali.

La scienza, se opportunamente guidata ed indirizzata da un'impostazione storico-critica, può fornire un aiuto fondamentale nei necessari approfondimenti conoscitivi in merito alle cause di deperimento ed alla caratterizzazione dei materiali costitutivi. Infatti, nel corso del XX secolo le scienze applicate hanno dato un contributo fondamentale sia nel campo diagnostico-conoscitivo che nella produzione di nuovi materiali e tecnologie innovative. Un contributo rivolto non solo alla realizzazione di nuove soluzioni costruttive ma soprattutto a validare con processi di misura e verifica il quadro conoscitivo, offrendo la possibilità di confermare alcuni principi teorici del restauro. Quindi, gli interventi di restauro non possono prescindere dall'apporto della scienza, che deve però partire dalla *consistenza storica* e conciliare le istanze teorico-critiche con i principi guida del restauro. Da qui la necessità che tra restauro e scienza si sviluppi sempre più una sinergia profonda ed efficace. In generale, si potrebbe dire che ogni opera, composta da uno o più materiali costitutivi, nel corso del suo *tempo vita* - che è una grandezza estremamente variabile - viene sottoposta a fenomeni di tipo fisico, chimico e biologico, da cui discende l'importanza e la responsabilità di ogni atto del restauratore nei confronti di un'opera, quando agisce con una conservazione preventiva e ancora di più con interventi di restauro. Gli interventi, in particolare quelli di restauro, andranno comunque a modificare l'opera e, in mancanza di una sensibilità storico-critica e di una competenza tecnica, si potrebbero alterare in maniera irreversibile

anche quelle situazioni di *quasi-equilibrio*, durante le quali si verifica un avanzamento ridotto ai minimi termini del degrado.

Un primo importante obiettivo, dal punto di vista metodologico, risiede nella considerazione che un rapporto di confronto disciplinare, integrato e multiscale, può senza dubbio apportare risultati più concreti sia dal punto di vista dell'intervento di restauro che da quello delle tecnologie innovative, anche sotto la spinta propulsiva di una serie di requisiti che situazioni estreme come quelle dei beni storico-architettonici (o dell'architettura allo stato di rudere, con tutte le criticità che comporta) portano a valutare e risolvere, in un settore che in Italia ha ambiti applicativi ampi e diffusi.

Il tema dell'innovazione tecnologica applicata al restauro, non può essere trattata solo dal punto di vista della pratica degli interventi, ma deve confrontarsi fortemente con gli aspetti teorico-critici che stanno alla base della disciplina del restauro.

"[...] ci basti osservare che tanto in una prospettiva "conservazionista" quanto in una "restaurativa" di tipo critico, ogni intervento dovrà essere condotto senza arbitrarie parzializzazioni, senza proscrivere, quindi, la storia ed il giudizio critico nel primo caso, senza deprimere o trascurare l'apporto conoscitivo e spesso risolutivo delle scienze fisico-chimiche e della tecnica nell'altro"⁴⁷. Conoscenza storica e competenze tecnico-scientifiche non devono essere considerate, nel campo della tutela dei beni culturali, variabili indipendenti; sussiste la necessità di "sposare le ragioni della storia e quelle della tecnica"⁴⁸.

Da queste considerazioni discende, fra le altre, la considerazione che, superate le concezioni "settoriali" del restauro e assunta la necessità di estendere al campo scientifico-tecnico la storicizzazione del restauro, occorre studiare e approfondire l'adattabilità, caso per caso, dei materiali moderni alle antiche costruzioni; da qui "il progressivo affinamento delle tecnologie, ottenibile mediante l'uso scientificamente controllato di sistemi e materiali e la più ampia diffusione della collaborazione interdisciplinare"⁴⁹.

"Si vede, dunque, come le metodologie tecniche e scientifiche debbano assolutamente essere poste in relazione con i problemi storico-critici e teorici del restauro e, più in generale, della tutela, come non possano considerarsi né estranee, né contrapposte, né tantomeno indipendenti. L'atto tecnico "culturalmente consapevole", anche se in apparenza semplice e neutro, dovrà sottoporsi alla verifica della più generale riflessione critica e degli orientamenti culturali posti a guida dell'atto di restauro. Non si tratta di stabilire odiose gerarchie fra diverse competenze, né di distinguere scienze fondative e scienze ausiliarie, quanto piuttosto di dare formulazione teorica al problema tecnologico in campo conservativo. La tecnologia, applicata o no, tende a conservare radicata la "convincimento della propria autonomia", mentre è indispensabile che prenda chiara coscienza della convergenza dei fini (con la storia e tutte le altre discipline inerenti alla conservazione)

e della reale complessità dei problemi in atto, quando si tratti di beni culturali e non di mere preesistenze"⁵⁰.

Le complesse esigenze degli interventi conservativi costituiscono inoltre un potente motore di innovazione, di nuovi sistemi, di nuovi componenti, di applicazioni innovative, ecc. Nella fattispecie, la proprietà della trasparenza e le nuove "possibilità" che l'utilizzo di materiali di sintesi, se utilizzate in modo appropriato, possono offrire come innovazione rispetto al vetro non contiene unicamente una accezione tecnologica e un risvolto pratico-tecnico verso componenti che associno alla trasparenza altre prestazioni di fatto utili nell'ambito della conservazione, ma si riallaccia ai caratteri distintivi del restauro critico, che "muove dall'affermazione che ogni intervento costituisce un caso a sé, non inquadrabile in categorie, non rispondente a regole prefissate o a dogmi di qualsiasi tipo, ma da reinventare con originalità, di volta in volta, nei suoi criteri e nei suoi metodi. Sarà l'opera stessa, attentamente indagata con sensibilità storico-critica e con piena competenza tecnica, a orientare il restauratore sulla via da intraprendere"⁵¹.

Forse oggi più che mai si presenta la "[...] necessità che alla tutela del patrimonio artistico venga restituita quella dinamica innovativa che le fu propria esattamente due secoli or sono"⁵²; una dinamica che trova un terreno di attecchimento, un *humus* vitale, nella capacità interdisciplinare di sviluppare procedimenti e linguaggi integrati, trasferendo le curiosità e le certezze acquisite di un settore di ricerca nell'altro e viceversa. "Se è vero che l'innovazione conservativa apre verso un futuro in virtù di progressioni scientifiche eccezionali, cui hanno dato corpo in gran parte chimica e fisica [...]"⁵³ è anche vero che, diversamente da quanto accade in molti altri settori del processo edilizio ed industriale, nel restauro la coscienza di agire su entità con caratteristiche di *unicità* e *irriproducibilità*, richiede un atteggiamento di sperimentazione e di validazione molto accorto e verso il quali è opportuno non porre mai limiti di "ottimizzazione dinamica".

Sul significato di innovazione e, in particolare, sull'accezione di "trasparenza e innovazione tecnologica" è opportuno, quindi, porre una premessa che permetta di rileggere alcuni passaggi storici nel quadro delle attese e delle motivazioni che hanno definito il successo di una "visione del progetto" fondata su una caratteristica dei materiali.

"Con le grandi costruzioni degli ingegneri dell'Ottocento assistiamo a un nuovo modo di usare strutture metalliche e vetro su superfici di notevole estensione. Nel secolo successivo in scritti e progetti Paul Scheerbarth e Bruno Taut partono dalla ormai consolidata applicazione delle soluzioni costruttive in ferro e vetro arricchendole di nuovi significati di speranza che sviluppino e aggiornano principi ideali cari a illuministi e positivisti. Ritengo che l'industrializzazione possa trovare sbocco e autentica realizzazione, dopo i numerosi progressi tecnici,

nella formazione di una nuova società, rappresentata dal palazzo di vetro, sede di un potere che non si chiude più ma si mostra ai cittadini che dovrebbero esserne detentori e destinatari. La medesima idea di trasparenza sottende la stagione politica di Gorbaciov detta, appunto, *glasnost* (trasparenza), la ritroviamo nel progetto del palazzo di vetro dell'Onu e, oggi nella soluzione di Norman Foster per il Reichstag di Berlino, dove attraverso la grande cupola trasparente i cittadini "controllano" i loro rappresentanti al lavoro" ⁵⁴. Un'idea, quella della *casa di vetro*, che parte dal mito della *casa di Adamo in Paradiso* ⁵⁵ per giungere all'illusione minimalista che sia sufficiente rendere invisibile il contenitore per esprimere la trasparenza del contenuto. Un'ambiguità, come si è detto non della materia quanto piuttosto delle intenzioni, che sfrutta l'ambivalenza della finalità d'uso proposta dai requisiti che flettono da un lato sul bisogno di *occultamento* (come per *The invisible man* di H. G. Wells) e dall'altro sulla necessità del suo esatto contrario.

Il punto sul tema dell'impiego della trasparenza nel progetto di architettura contemporanea negli anni Novanta ha trovato sede nella mostra del 1995, *Light Construction*, tenutasi al MoMA di New York e incentrata sui temi della trasparenza e della luce, "non solo per ciò che concerne l'indagine sulla percezione soggettiva dell'opera ma anche per l'interesse attribuito ai materiali e alle loro caratteristiche espressive. L'esposizione ha svelato l'emergere di una nuova sensibilità nel contesto dell'architettura contemporanea, che indaga le caratteristiche fisiche e visive di materiali riflettenti, trasparenti traslucidi, semiopachi. Il vetro, e altri materiali come l'alluminio, il plexiglass e le luci fluorescenti, diventano protagonisti di una ricerca volta a un significato inedito di trasparenza. Assume rilevanza centrale la visibilità della materia, la sua consistenza e densità. L'ambiguità specifica di questi materiali e il tentativo di superare la semplice idea di «lasciar vedere attraverso», offrono soluzioni inesplorate, in cui le superfici architettoniche vengono concepite come pelle, filtro, velo, schermo, elementi di intermediazione tra l'osservatore e l'oggetto. La linea sinuosa della ricerca architettonica legata al vetro e alla trasparenza si innesta nel XIX secolo con la nascita delle strutture in ferro, calcestruzzo e vetro. Il percorso tracciato si snoda attraverso l'espressionismo tedesco e la ricerca di una perfetta *Architettura del vetro* produce la crescente dissoluzione della scatola dell'edificio tradizionale [...]. Genera interpretazioni distanti dal concetto di pura trasparenza quali il grattacielo rivestito di vetro a specchio, simbolo per eccellenza della metropoli contemporanea, per poi approdare – grazie alle possibilità costruttive offerte dalle tecnologie moderne – al raggiungimento della totale trasparenza. [...] Come sottolineato dalla storica Joan Ockman, «ora che la trasparenza come caratteristica di vedere-atravverso è stata approfondita dal punto di vista tecnologico, è davvero sorprendente constatare che essa non è più il punto della discussione» ⁵⁶.

Si determina, nella surrogazione e nella metamorfosi, un'iperattività in-

novativa, che trova spesso la trasparenza connessa all'accelerazione dello sviluppo tecnico e alla conseguente comparsa di nuovi materiali che devono sempre di più far parte della "cultura di massa del secolo dell'illuminismo audiovisivo" ⁵⁷. Un ruolo *accecante*, scrive Paul Virilio, dell'architettura come dell'arte per "sopprimere la percezione dell'ambiente circostante" ⁵⁸ e dove la trasparenza, che è una parte del DNA dei nuovi materiali, potenzia un dispositivo non per rendere più visibili ma per "annullare ogni dimensione critica e per occultare ogni contestazione al conformismo" ⁵⁹.

"Fino a tempi recenti il concetto del *fare trasparente* è stato legato all'uso del vetro; il lungo dominio di questo materiale ha creato un'immagine culturale in cui la trasparenza è tutt'uno con le sue specifiche proprietà. Poi sono arrivate le plastiche, molte delle quali sono trasparenti, e non solo si sono messe in competizione con il vetro nei settori tradizionali, ma hanno anche esteso la trasparenza a nuove aree merceologiche. L'immagine tradizionale dell'oggetto trasparente è così profondamente mutata: la trasparenza può essere moltiplicata in quantità e per di più si libera dalla sua storica fragilità. La connotazione di nobiltà scompare perché finisce l'eccezionalità della prestazione, ma anche perché l'uso degli oggetti trasparenti non richiede più la cautela e la reverenza imposte dal vetro; il vetro, diremo parafrasando Benjamin, nell'epoca della sua riproducibilità tecnica perde l'aura. [...] La vicenda del fare trasparente mostra così una duplice tendenza: da un lato una banalizzazione della prestazione elementare (la trasparenza non è più un problema); dall'altro un ampliamento delle possibilità verso terreni inediti, in cui nuove possibilità relazionali compensano la perdita dell'aurea" ⁶⁰. Se si vuole la *rarità* che il vetro ha posseduto per millenni e che poi ha perduto, ricorda, in epoca più recente e più accelerata, l'*inghiottimento* ⁶¹ che la plastica ha subito dal suo diffuso utilizzo. Un processo distruttivo delle *gerarchie delle sostanze* ⁶² che non è lontano dalla *visione* descritta da Plinio nella sua "Storia Naturale" ⁶³, dove ricorda a proposito del vetro le preoccupazioni dell'imperatore Vespasiano e della componente più conservatrice della società romana di "frenare o non valorizzare innovazioni tecniche ritenute suscettibili di mutare radicalmente i rapporti di valore e sociali considerati propri di una società «naturale» e di produrre spinte rivoluzionare" ⁶⁴.

Una tensione al cambiamento che non si è mai fermata. "Le plastiche sono in competizione con il vetro su tutti i terreni: da quello artistico artigianale a quello della produzione standardizzata di massa, a quello high-tech dell'elettronica, ma secondo una linea evolutiva opposta: mentre per il vetro si trattava di rendere più facile ed economica la produzione di prestazioni di alta qualità, per le plastiche il problema è sempre stato quello di accrescere la qualità di una prestazione facilmente producibile.

In ogni caso, siano essi di vetro o di plastica, gli oggetti trasparenti hanno sempre posseduto tre personalità diverse, spesso integrate tra loro:

una igienico-funzionale, una informativa, una estetico-emozionale. Portare la luce del sole in uno spazio buio serve a renderlo più salubre e vivibile; vedere attraverso un elemento di chiusura significa ricevere informazioni su ciò che sta dall'altra parte. Giocare con la luce, creare scintillii, riflessi colorati, fasci di raggi che tagliano la penombra ha sempre significato progettare una qualità che oggi definiremmo "soft", che riguarda un'entità immateriale (la luce) ma è ricchissima di suggestione"⁶⁵. Se infatti la *dimensione* della trasparenza riflette bisogni naturali è anche vero che il nascente consumismo, che getta le sue fondamenta globalizzanti proprio nel Secondo Dopoguerra, utilizzerà potentemente la diversa *logica* di questo nuovo materiale. "L'introduzione della plastica nella produzione di oggetti trasparenti ha aperto una dimensione quasi del tutto sconosciuta al vetro: la libertà della forma. [...] quest'aspetto consente, all'interno della tendenza generale all'integrazione delle funzioni, un completo ribaltamento dei criteri di progettazione dell'oggetto trasparente. Nella tradizione del vetro un oggetto dotato di parti trasparenti doveva essere pensato come una struttura portante opaca cui aggiungere secondo necessità e tramite complessi assiemaggi le zone trasparenti; con le plastiche è possibile pensare l'oggetto come globalmente trasparente e porsi solo successivamente il problema se sia il caso di rendere opache alcune parti"⁶⁶. Anche in questo caso si sono venute a frantumare alcune gerarchie per molto tempo predefinite: la sostanza cambia attraverso una *modestia applicativa*⁶⁷ che imita la "natura ancestrale" del vetro ma nel cambiamento porta con sé anche le interfacce, le connessioni, i giunti, le finiture e le fasi di montaggio. È un processo che non si ferma ma che in architettura, rispetto alla produzione industriale di oggetti e componenti, stenta ancora a trovare un vero ambito di sperimentazione integrata innovativa.

La trasparenza è una proprietà per la quale si può parlare di "innovazione" considerando l'arco temporale di, approssimativamente, cinquant'anni se consideriamo il trasferimento della suddetta proprietà da assoluta prerogativa del materiale vetro a quella affidata ai materiali di sintesi⁶⁸.

Dal momento della loro comparsa nel mondo della produzione (a partire dall'industria chimica) all'introduzione delle materie plastiche in architettura "tentata negli anni '60 per sostituire i materiali tradizionali" la strada per l'assimilazione di questi materiali è stata graduale⁶⁹. Una processualità che ha dovuto trovare e risolvere nella verifica con le condizioni del contesto architettonico, ambientale e climatico molti aspetti e limiti di mimetismo e di surrogazione. Un'affidabilità guadagnata sul campo in oltre mezzo secolo di messa in prova in cui la tecnologia di produzione è riuscita a graduare selettivamente diversi livelli di prestazione (vedi, ad esempio, il trattamento anti UV sulle lastre in policarbonato).

Complesso è il comprendere globalmente l'aspetto tecnologico nella

sua globalità della trasparenza: il risultato, in logiche di utilità e soddisfacimento di determinate esigenze in termini di risposta prestazionale, risiede molto nella capacità di chi tenta di *plasmare* il materiale trasparente di scegliere il materiale idoneo per *plasmarlo* in spazi architettonici⁷⁰.

Note

¹ A.M. ZORGNO, *Ambiguità della trasparenza*, prefazione in E. Re, "Trasparenza al limite", Firenze 1997, p. 7.

² *Il vocabolario Treccani*, vol. V, Roma 1997, p. 638.

³ *Il vocabolario Treccani*, op. cit.

⁴ Cfr. E. MANZINI, *La materia dell'invenzione*, Milano 1986, pp. 159-160.

⁵ M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. II, Padova 1998, p. 340. La medesima distinzione è inoltre tratta da V. TATANO (a cura di), *Materiali naturartificiali*, Roma 2006, p. 35. Vengono riportati, tra gli "indicatori percettivi", intendendo quegli indicatori che si riferiscono alle caratteristiche fisiche e di aspetto di materiali e prodotti, i termini *opaco*, riferito ad un materiale o prodotto che non si lascia attraversare dalla radiazione luminosa, o rinviandola, o assorbendola totalmente; *trasparente*, per caratterizzare un materiale o prodotto che si lascia attraversare dalla luce e permette di distinguere nettamente gli oggetti attraverso il suo spessore; *traslucido*, che si riferisce a un materiale o a un prodotto trasparente alla luce ma attraverso il quale non è possibile distinguere i contorni degli oggetti.

⁶ Cfr. A. CAFORIO, A. FERILLI, *Physica*, vol. 2, Milano 1989, p. 51.

⁷ Cfr. E. MANZINI, op. cit., p. 160.

⁸ Cfr. M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. II, Padova 1998, p. 362.

⁹ "In ottica, si definisce rifrazione il fenomeno per cui un raggio luminoso, passando attraverso alla superficie di separazione fra due mezzi diversi, o di porzioni dello stesso mezzo che si trovino in condizioni fisiche diverse, subisce, salvo casi particolari, una deviazione. L'indice di rifrazione (relativo) di un mezzo rispetto a un altro, è il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza (che il raggio incidente, nel primo mezzo, forma con la normale alla superficie nel punto di incidenza) e il seno dell'angolo di rifrazione (che il raggio rifratto, nel secondo mezzo, forma con la stessa normale). L'indice di rifrazione (assoluto) di un mezzo è quello relativo al vuoto". G. DEVOTO, G.C. OLI, *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, vol. II, Milano 1978. Cfr. anche M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. II, Padova 1998, p. 345.

¹⁰ "Si dice incidenza la direzione perpendicolare od obliqua di un ente rispetto alla superficie che incontra. In ottica, l'angolo di incidenza è quello formato dal raggio incidente su una superficie con l normale a questa". G. DEVOTO, G.C. OLI, *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, vol. I, Milano 1978. Cfr. anche M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. II, Padova 1998, p. 345.

¹¹ Cfr. M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. II, Padova 1998, p. 346.

¹² "Fenomeno che si manifesta tutte le volte che un'onda (elettromagnetica, sonora, meccanica, ecc.) incontra un ostacolo e per il quale tutti i punti dell'ostacolo diventano sorgenti di altre onde sferiche coerenti elementari il cui sviluppo costituisce la nuova onda". G. DEVOTO, G.C. OLI, *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, vol. I, Milano 1978.

¹³ Cfr. E. MANZINI, op. cit., p. 160.

¹⁴ Cfr. C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, Milano 1995, p. 47.

¹⁵ Ivi, p. 50. La trasmissione luminosa è definibile come il flusso luminoso direttamente trasmesso attraverso il vetro. La riflessione luminosa è il flusso luminoso direttamente riflesso dalla lastra verso l'esterno.

¹⁶ Nelle applicazioni pratiche e nei calcoli di illuminotecnica, l'angolazione più significativa è quella di 30° in quanto si può considerare questo valore del fattore spettrale di trasmissione un valido valore medio per le applicazioni edilizie. Definito indice di rifrazione "n" come il rapporto tra il seno dell'angolo incidente "i" ed il seno dell'angolo di rifrazione 2r" ($n = \frac{\sin i}{\sin r}$), la quantità di luce riflessa è determinabile mediante la relazione di Fresnel: $R = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2}$ dove "R" è la riflettanza e "n" l'indice di rifrazione. Essendo, per i vetri piani utilizzati in edilizia $n = 1,52$, si ha $R = 0,04$ su ciascuna superficie, pertanto si può concludere che circa l'8% della luce incidente viene riflessa. Non tutta la percentuale di luce non riflessa penetra però nell'ambiente: anche il vetro piano incolore contiene sempre una piccola quantità di ossidi ferrosi che determinano un certo assorbimento energetico in funzione della percentuale di ossido presente. Inoltre, più si aumenta lo spessore del materiale più aumenta la quantità di luce assorbita, diminuisce quella rifratta, mentre rimane pressoché costante quella riflessa. Mediamente si può affermare che un vetro piano normale non colorato di spessore usuale per utilizzi in campo architettonico, ha una trasmissione luminosa nel campo del visibile del 88 – 90 %.

¹⁷ V. S. RAMACHANDRAN, *Che cosa sappiamo della mente*, Mondadori, Milano 2006, p. 29.

¹⁸ Cfr. J. M. WILDING, *La percezione. Dalla sensazione all'oggetto*, Casa Editrice Astrolabio, Roma 1985.

¹⁹ "Noi primati siamo creature molto «visive», Non possediamo solo una, bensì trenta aree visive nella corteccia della parte posteriore del cervello, e sono quelle a farci vedere il mondo. [...] All'inizio si potrà rimanere disorientati davanti all'anatomia delle trenta aree visive cerebrali, ma esiste un piano organizzativo generale. Il messaggio proveniente dalla retina raggiunge il nervo ottico e si biforca in due vie, i due principali sistemi visivi del cervello. La prima, filogeneticamente più arcaica, attraversa il collicolo superiore, una struttura del tronco cerebrale; la seconda, filogeneticamente più recente e più evoluta, va alla corteccia visiva, nella parte posteriore del cervello. [...] La via recente si dirige nella corteccia visiva e si divide [...] in altre due vie: la via del «come», che si trova nei lobi parietali e presiede a funzioni spaziali come afferrare oggetti e individuare la loro posizione, e la via del «cosa», che si trova nei lobi temporali e presiede al riconoscimento degli oggetti." V. S. RAMACHANDRAN, *Che cosa sappiamo della mente*, op. cit., pp. 30-32.

²⁰ Ivi, p. 41.

²¹ M. BALZANI, *Essere a colori per pensare a colori la vita come l'architettura*, in "Colore", "www.architetti.com, E-zine", (2008), fasc.8, p. 2.

²² O. SACKS, *L'uomo che scambiò sua moglie per un capello*, 9ª ed., Adelphi, Milano 2008.

²³ Sviluppando il caso del dottor P., che dà il titolo al volume, Oliver Sacks offre al termine una conclusione generale che può ben identificare i limiti e le difficoltà della ricerca in corso anche all'interno delle discipline e dei loro ruoli: "Certo, il cervello è una macchina e un elaboratore, e la neurologia classica ha perfettamente ragione. Ma i processi mentali, che costituiscono il nostro essere e la nostra vita, non sono soltanto astratti e meccanici, sono anche personali; e, in quanto tali implica non solo la classificazione e l'ordinamento in categorie, ma anche una continua attività di giudizio e di sentimento. Se ciò va perduto, finiamo, come il dottor P., per assomigliare a degli elaboratori. Allo stesso modo se cancelliamo il giudizio e il sentimento, l'elemento personale, dalle scienze cognitive, le riduciamo a qualcosa di carente, come il dottor P., e insieme riduciamo il nostro apprendimento del concreto e del reale. Per una sorta di comica e spaventosa analogia, la neurologia e la psicologia cognitive odierne presentano una forte somiglianza proprio col povero dottor P.! Come lui abbiamo bisogno del concreto e del reale; e come lui non ce ne accorgiamo. Le nostre scienze cognitive soffrono anch'esse di un'agnosia essenzialmente simile a quella del dottor P." Ivi, p. 40.

²⁴ R. ARNHEIM, *Art and visual perception: a psychology of the creative eye*, Regents of the University of California, 1954, (trad. it.: *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano 1988, p. 211.

²⁵ Ivi, p. 214.

²⁶ *Il vocabolario Treccani*, op. cit., p. 638.

²⁷ R. ARNHEIM, *Arte e percezione visiva*, op. cit., pp. 211-114.

²⁸ "La trans-parenza della fantasia capovolge la verità dell'*esse est percipi* nel suo contrario: *esse non est percipi*, dove l'opacità del significato percepito dall'intelletto sollecita la vita dell'immaginario come sviluppo di una radice di senso", il U. GALIMBERTI, *La terra senza il male. Jung: dall'inconscio al simbolo*, vol. VI, 4ª ed., 2007, Feltrinelli, Milano, p. 102.

²⁹ M. PEVSNER, J. FLEMING, H. HONOUR, *Dizionario di architettura*, Einaudi, Torino 1981, p. 665.

³⁰ Il sottotitolo del quadro era "La sposa messa a nudo dai suoi scapoli, anche" intravedendo in questo tema anche una messa in crisi delle convenzioni sociali parallele a quelle geometriche e fisiche in cui l'arte (come la famiglia) si era fondata per secoli. Scrive Duchamp parlando della Sposa del Grande Vetro: «Ogni cosa che ha una forma tridimensionale è la proiezione nel nostro mondo da un mondo quadridimensionale la mia Sposa, per esempio, potrebbe essere la proiezione tridimensionale di una sposa quadridimensionale. Bene, ma dato che si trova sul vetro è piatta. Così la mia Sposa è una rappresentazione bidimensionale di una sposa tridimensionale, che potrebbe essere una proiezione quadridimensionale su un mondo tridimensionale della Sposa»; per Duchamp il Grande Vetro era «un recipiente piatto di vetro – che riceve ogni sorta di liquidi. Pezzi di legno colorati, di ferro, reazioni chimiche. Agitare il contenitore e guardare in trasparenza»; cfr. A. SCHWARZ, *La sposa messa a nudo in Marcel Duchamp, anche*, Einaudi, Torino 1974, pp. 28-45; cfr. inoltre J. GOUGH-COOPER, J. CAUMONT, (a cura di), *Marcel Duchamp*, catalogo della Mostra "Marcel Duchamp", Venezia, Palazzo Grassi 4 aprile 18 luglio 1993, Bompiani, Milano 1993.

³¹ B. MUNARI, *Fantasia*, Laterza, Bari 1977, p. 29.

³² È un brano di *Una casina di cristallo (congedo)*, una poesia di Aldo Palazzeschi, contenuta nella raccolta "Poesie 1910-1915"; cfr. A. PALAZZESCHI, *Tutte le poesie*, Mondadori, Milano 2002, pp. 316-319.

³³ Cfr. L. MALAVASI, L. PANTALEONI (a cura di), *Manifesto delle esigenze abitative dei bambini, quando le idee dei bambini trovano casa*, Maggioli Editore, Rimini 1999.

³⁴ G. PONTI, *Amate l'architettura. L'architettura è un cristallo*, (ristampa della prima edizione del 1957 edita dalla Società editrice Vitali e Ghianda di Genova), Rizzoli, Milano 2008, pp. 39-45.

³⁵ C. CLAUDI DE SAINT MIHIEL, *Introduzione*, in U. Caturano (a cura di), "Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione. Esperienze a confronto", Milano 1996, p. 9.

³⁶ "L'Età della pietra ora sembra così remota che raramente ci pensiamo, eccetto forse di fronte a una vignetta di «B.C.». Eppure si è conclusa così di recente – solo sei volte prima della nascita di Cristo e dell'Impero romano – che i grandi cambiamenti avvenuti da quando abbiamo abbandonato le caverne sono stati tutti culturali, non fisici. Una specie antica come la nostra non può evolversi in modo significativo nel corso di un periodo così breve. Questo significa che mentre la cultura e la tecnologia sono cumulative l'intelligenza innata non lo è". R. WRIGHT, *Breve storia del progresso*, Milano, Mondadori, 2006, p. 44.

³⁷ C. CLAUDI DE SAINT MIHIEL, *Introduzione*, op. cit., p. 11.

³⁸ U. CATURANO (a cura di), *Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione. Esperienze a confronto*, Milano 1996, p.13.

³⁹ "La tecnologia dà assuefazione. Il progresso materiale crea problemi che sono – o sembrano essere – risolvibili solo con ulteriore progresso." R. WRIGHT, *Breve storia del progresso*, op. cit., p. 15.

⁴⁰ Ivi, p.16.

⁴¹ U. CATURANO (a cura di), *Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione*, op. cit., p. 17.

⁴² "[...] dai problemi concettuali alle soluzioni tecniche, tutto sembra appartenere ad una sorta di dimensione confusa, dalla quale, di volta in volta, singole e parziali esperienze vengono abilitate ad una dimensione significativa ed attuale, neutralizzate da ogni possibile rete di relazioni con i contesti originari", Ivi, p.18.

⁴³ Ivi, p. 19, nota 1.

⁴⁴ "Complexus significa ciò che è tessuto insieme: in effetti si ha complessità quando sono inseparabili i differenti elementi che costituiscono un tutto [...] e quando vi è tessuto interdipendente, interattivo e inter-retroattivo tra l'oggetto di conoscenza e

il suo contesto, le parti e il tutto, il tutto e le parti, le parti tra loro.” E. MORIN, *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2001, p. 38.

⁴⁵ U. CATURANO (a cura di), *Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione*, op. cit., p. 29.

⁴⁶ LEWIS E SECKER, 1965, tr. It. 1969, pp. 1-2, in *Le tecnologie dei materiali*, op. cit., pp. 29-30.

⁴⁷ G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Liguori Editore, Napoli 1997, p. 444.

⁴⁸ *Ibidem*.

⁴⁹ *Ivi*, p. 447.

⁵⁰ *Ivi*, p. 448.

⁵¹ *Ivi*, p. 11.

⁵² A. EMILIANI, *L'innovazione conservativa. Più realismo per il patrimonio artistico italiano*, Nuova Alfa Editoriale, Bologna 1989, p. IX.

⁵³ *Ivi*, p. XI.

⁵⁴ G. LEONE, *Nuovo e novità tra tradizione e progresso*, in “Sulle tracce dell'innovazione”, a cura di Nicola Sinopoli e Valeria Tatano, Milano, 2002, p. 64.

⁵⁵ J. RYKWERT, *La casa di Adamo in Paradiso*, Mondadori, Milano 1977.

⁵⁶ M. BIZZOTTO, *Il Kursaal di Rafael Moneo e il superamento della trasparenza effimera*, in “Sulle tracce dell'innovazione”, a cura di Nicola Sinopoli e Valeria Tatano, Milano, 2002, p. 67.

⁵⁷ “Ormai, al contrario di quanto sosteneva Paul Klee, l'arte non rende più visibile, ma acceca. Mentre la cultura di massa del secolo dell'illuminismo audiovisivo rende sordi e muti di fronte a ogni contestazione del suo conformismo”, P. VIRILIO, *L'arte dell'accecamento*, Cortina, Milano 2007, pp. 66-67.

⁵⁸ “In un'epoca in cui i muri sono dappertutto e le frontiere da nessuna parte, la chiusura che in tal modo si sigilla contribuisce non solo a erigere la CLAUSTRUPOLIS di domani, ma soprattutto a sopprimere la percezione dell'ambiente circostante, dato che quello che si vela non è più, come prima, il volto, il campo visivo che si restringe al massimo,” *ivi*, p. 65.

⁵⁹ *Ivi*, p. 67.

⁶⁰ E. MANZINI, M. TRIMARCHI, *L'evoluzione dei materiali trasparenti*, in “Modulo” n.137, 1987, pp. 2690-2693.

⁶¹ R. BARTHES, *Miti d'oggi*, Einaudi, Torino 1994, p. 170.

⁶² “La gerarchia delle sostanze è abolita: una sola le sostituisce tutte: il mondo intero può essere plastificato, e perfino la vita, poiché, sembra, si cominciano a fabbricare aorte di plastica”, *ivi*, p. 171.

⁶³ Cfr. GAIO PLINIO SECONDO, *Storia Naturale, Mineralogia e storia dell'arte (libri 33-37)*, vol. V, Einaudi, Torino 1988, pp. 731-733. Anche Petronio riprende la vicenda ricordando che al tempo di Tiberio “ci fu un artigiano che fece una coppa di vetro infrangibile. Allora venne ammesso alla presenza di Cesare col suo dono, ma poi se la fece dare indietro da Cesare e la sbatté per terra. Cesare si spaventò che di più non è possibile. Ma quello tirò su la coppa da terra: si era ammaccata come un vaso di bronzo. Poi cavò di tasca un martelletto e in tutta calma raggiustò ben bene la coppa. Ciò fatto, lui si credeva di tener Giove per i coglioni, specie dopo che gli fu chiesto: «Forse che qualcun altro sa di questa confezione di vetro?» Attento qui! Come lui disse di no, Cesare gli fe' mozzare il capo, che infatti, se si fosse risaputo, avremmo l'oro per niente.”, PETRONIO, *Satyricon*, a cura di V. Ciaffi, Torino, Einaudi, 2003, pp. 63-65.

⁶⁴ M. J. FINLEY, *The Ancient Economy*, Berkeley, 1973, pp. 104 sg., citato in nota da Antonio Corso in GAIO PLINIO SECONDO, *Storia Naturale*, op. cit., p. 737.

⁶⁵ E. MANZINI, M. TRIMARCHI, *L'evoluzione dei materiali trasparenti*, op. cit., p. 2692.

⁶⁶ *Ivi*, p. 2691.

⁶⁷ “La plastica è più modesta, è una sostanza casalinga. È la prima materia magica che ceda alla prosaicità. Ma appunto per questa prosaicità è per essa una ragione trionfante di esistenza: per la prima volta l'artificio ha di mira il comune, non il raro. E nello stesso tempo la funzione ancestrale della natura viene modificata: essa non è più l'Idea, la pura Sostanza da ritrovare o da imitare; una materia artificiale, più fertile

di tutti i giacimenti del mondo, rischia di sostituirla, di dominare l'invenzione stessa delle forme”, R. BARTHES, *Miti d'oggi*, op. cit. p. 170.

⁶⁸ Nella cronologia desunta da S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, Milano 1997, pp. 213-219, che punta l'attenzione sulla materia e sulle scoperte scientifiche e tecnologiche che hanno permesso alla plastica di articolarsi in diversi aspetti e di opportunità prestazionali, vengono riportate le date “salienti” relative a scoperte e lavorazioni; l'autore comincia la trattazione partendo addirittura dal 1770 o, se si vuole assumere la prima attività di polimerizzazione, il 1838. Questi riferimenti temporali ampliavano l'arco temporale relativo alla “vita” delle materie plastiche a ben più di un secolo. Considerando invece le materie plastiche con proprietà di trasparenza, si data l'introduzione del polivinilcloruro al 1930 e quella del polimetilmetacrilato in lastra nel 1936, per assistere alla comparsa del policarbonato addirittura al 1956, accorciando così il trasferimento della proprietà della trasparenza dal vetro ai materiali di sintesi all'incirca a mezzo secolo.

⁶⁹ Cfr. A. BAGLIONI (a cura di), *Nuovi materiali leggeri per l'architettura*, op. cit., pp. X-XI.

⁷⁰ Cfr. G. IMBRIGHI, *Trasparenze: vetro e materiali sintetici*, Roma 1993, p. 9.

La trasparenza negli interventi di protezione e restauro

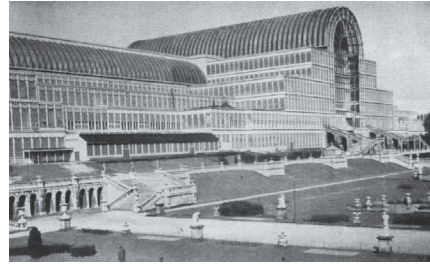
Il secondo capitolo focalizza il tema della trasparenza nell'ambito della protezione, conservazione e valorizzazione dei beni storico-architettonici. Vengono inquadrare criticamente le valenze che i materiali trasparenti presentano se relazionati con la materia antica, attraverso il duplice aspetto di protezione e di "lettura" del monumento, relazionando poi le proprietà della trasparenza con i principi guida del restauro di minimo intervento, compatibilità chimico-fisica, reversibilità, distinguibilità e autenticità espressiva. Vengono sinteticamente tracciati i passaggi nella consistenza materica e nei significati dei dispositivi di protezione, dai sistemi di tendaggi, all'utilizzo del vetro fino alla comparsa dei primi materiali di sintesi. Vengono poi chiariti le motivazioni e i passaggi che hanno condotto alla scelta dell'oggetto della ricerca, focalizzata sui materiali di sintesi con proprietà di trasparenza.

"Le tenebre non permettono di capire come abbiamo perso l'aspetto primitivo. Non si librano con l'aiuto di penne, eppure si sostengono con ali trasparenti"

Ovidio, *Metamorphoseon libri*, libro IV, 409-411.

- 2.1 Il concetto di *trasparenza* tra protezione e *lettura* del monumento
- 2.2 Trasparenza e i principi guida del restauro
- 2.3 L'evoluzione dell'uso della trasparenza nei sistemi di protezione tra teoria del restauro e prassi operative
 - 2.3.1 I sistemi di tendaggi
 - 2.3.2 Il vetro
 - 2.3.3 I primi materiali di sintesi
- 2.4 Motivazioni di una scelta: l'approfondimento e l'analisi critica della trasparenza dei materiali sintetici

2.1 Il concetto di *trasparenza* tra protezione e lettura del monumento



Crystal Palace a Sydenham, Londra (1854). Veduta esterna e dettaglio di un interno durante l'esposizione delle sculture



Il progetto del Thermenmuseum a Treviri di Oswald Mathias Ungers affida la protezione dei resti sotterranei di un impianto termale del III sec. d.C. ad una struttura trasparente sulla quale, però, si riflettono i prospetti delle architetture circostanti rendendo quasi invisibili gli ambienti all'interno

Il materiale trasparente è un materiale che ha la prerogativa percettivamente di *esistere* ma di *annullarsi*, così come un intervento di restauro che non si ponga in conflitto (*figurativo*) con la materia antica dovrebbe permettere, se non in senso materico, in senso *immateriale*, aiutando la *lettura* del monumento.

La trasparenza suggerisce immaterialità, una linea di demarcazione quasi invisibile tra ciò che sta dentro e ciò che sta fuori, tra passato e presente¹.

“Se dunque nessun materiale individua così direttamente e senza mediazioni la funzione sottesa, cioè la trasparenza, è possibile affermare che questa stessa prerogativa faccia del vetro, e del materiale sintetico trasparente, la materia di base per eccellenza finalizzata alla minimizzazione degli impatti ambientali”².

La trasparenza è orientata verso una progressiva leggerezza e smaterializzazione, espediente per abolire visivamente l'involucro e il peso di un'architettura.

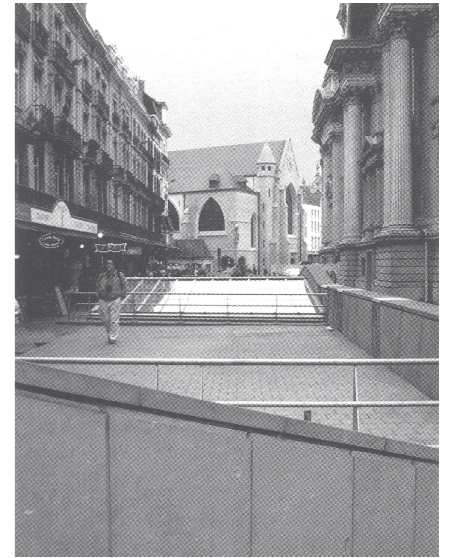
Rendere percettivamente trasparente un edificio o un'architettura è un'operazione ormai assolutamente diffusa ma la *smaterializzazione* può produrre, e ha prodotto, risultati contrapposti e a volte dannosi. La trasparenza, da un punto di vista *semantico*, può far ottenere “una delle possibili configurazioni dell'immaterialità architettonica”³; la materia trasparente è comunque dotata di una sua fisicità e quindi di una sua opacità e le superfici trasparenti, in vetro o in materiali di sintesi, rivestono un *ruolo neutrale* e al tempo stesso mutevole, a seconda delle condizioni di illuminazione, che possono, ad esempio, trasformare una superficie trasparente in una superficie specchiante contrastando i principi “metaforici” derivabili dall'idea di trasparenza associati alla purezza e ad un effetto *catartico*⁴.

L'esigenza di immaterialità dell'architettura non appartiene solo alla contemporaneità ma ha radici nelle pratiche sperimentali di un passato non recente. La ridefinizione culturale, costruttiva e percettiva del concetto di involucro che prende l'avvio dall'uso della tecnologia del vetro porta anche ad una ri-definizione del *contenuto* dell'involucro trasparente. Lo spazio interno non può essere concepito come tale se non è dotato di un confine, di un *limen*⁵: utilizzare “strutture di vetro per ottenere *involucri evanescenti*, comporta una serie di riflessioni sull'ambiguità di un elemento di separazione il quale, pur delimitando, non impone visivamente la sua concretezza. O almeno così dovrebbe essere”⁶.

L'architettura *trasparente* trova, ormai da tempo, applicazione in alcuni interventi di copertura, protezione e comunicazione in situ delle rovine archeologiche e di un più generico patrimonio storico-architettonico. L'applicazione della trasparenza nella protezione e valorizzazione è

resa possibile dai continui miglioramenti dei processi produttivi che hanno potenziato le prestazioni ottiche e meccaniche del vetro consentendo il superamento del suo *limite congenito*, ovvero la fragilità, ma anche dall'introduzione di materiale di sintesi che fanno propria la caratteristica della trasparenza accompagnata però da caratteristiche meccaniche molto diverse da quelle proprie del vetro. In questi contesti, tecnologie trasparenti possono giocare un ruolo determinante nella definizione tanto dello spazio interno, quanto dell'atmosfera che avvolge l'antica preesistenza.

“Da sempre la pratica museografica contemporanea si trova a dovere affrontare problematiche di relazione tra *involucro* e *contenuto*. In alcuni casi si è spesso proposta la dissolvenza del contenitore espositivo in favore di una più autentica rappresentazione delle cose in esso contenute. Una dissolvenza che in talune realtà è servita a ricucire il rapporto spazio-temporale, altrimenti perduto, tra rovine *in scatola* e contesto circostante, ossia tra ciò che sta *fuori* e ciò che sta *dentro*”⁷.



Ricucitura del rapporto spazio-temporale tra rovine in scatola e contesto circostante; facciata della Merchant Bank conservata dentro la Allen Lambert Galleria di Toronto, su progetto di Santiago Calatrava



Sopra e in alto a destra, Museo Bruxella 1238, Bruxelles, dove la struttura interamente vetrata a protezione di un convento francescano del XIII secolo subisce il riflesso che non consente di vedere ciò che in realtà la struttura protettiva invita a guardare



A sinistra Alberto Giacometti, "Palace at 4 o'clock in the Morning" (MoMA, New York); a destra, ghost structures: rievocazione della Willamette Mission all'interno del Willamette State Park (Oregon)

Una struttura trasparente può realizzare una soluzione di continuità spaziale e storica tra i resti da proteggere e il contesto circostante; da un lato rivela e da un altro protegge, confrontandosi con i vari "fantasmi del passato", le *ghost structures*⁸, termine che indica tutte quelle testimonianze del passato costruito che uniscono una forte carica mnemonica ad un'esigua presenza materica. Negli anni Ottanta si diffusero, in America, sagome-fantasma atte a conservare, con la forma con la quale erano state create in origine, la memoria di case ormai perdute, o si salvavano, dentro musei o dentro altri edifici, facciate ormai ridotte a fogli di carta, prive di spazio interno e per conseguenza prive costituzionalmente di qualsiasi funzione. "Contemporaneamente, i musei americani, insieme a quelli europei, sperimentavano la validità di sagome fantasma anche per la restituzione della forma di oggetti e di frammenti. [...] Da allora, l'idea di inserire frammenti all'interno di sagome variamente concepite (in metallo, in vetro, in plexiglas, in legno dipinto e perfino all'interno di restituzioni luminose), per quanto fosse stata tentata anche in precedenza, si è fatta strada con un nuovo spirito di sperimentazione in tutti i musei del mondo, talvolta con risultati di grande efficacia. La stessa idea della *ghost house*, poi, è stata adottata anche nel settore della conservazione archeologica, non per conservare tracce (autentiche) di edifici ormai scomparsi del tutto, ma per completare con sagome (appositamente realizzate) la comunicazione di edifici ancora parzialmente esistenti, sebbene in rovina. [...] Lo stesso Arnheim ha più volte insistito sul fatto che soltanto una struttura percettiva forte – o perché sedimentata nell'esperienza o perché essa stessa rigidamente regolata – può resistere a devianza ed a sottrazioni, e non c'è nulla, dicevano già i primi studiosi della Gestalt, di più forte dell'elementare sagoma di un'architettura domestica tradizionale. [...]

Riconfigurazione all'interno della Crypta Balbi, Roma (progetto architettonico di Maria Letizia Conforto, allestimento di Franco Ceschi)

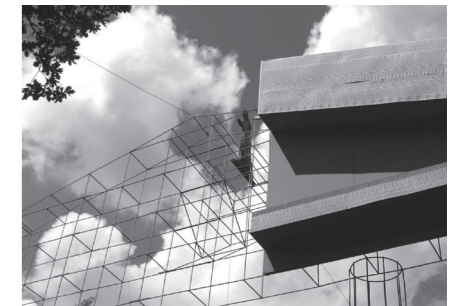
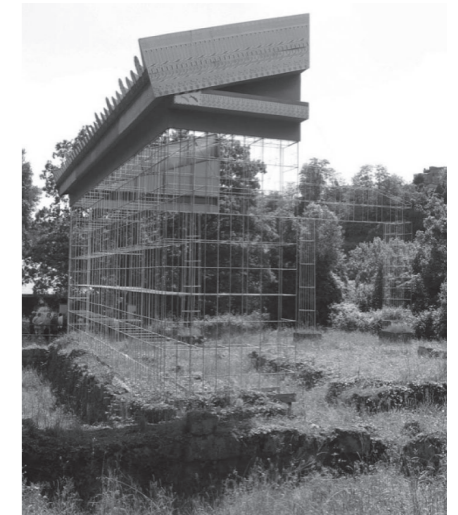


Le *ghost structures* rappresentano dunque una conveniente risposta alla necessità di restituire un'idea in loco, fisicamente e spazialmente esprimibile, senza cadere in pratiche falsificatorie⁹.

L'integrazione visiva rende visibile ciò che sarebbe indecifrabile e i resti protetti, che si estendono oltre il limite trasparente, si prolungano visivamente al di fuori.

Quando si interviene in contesti antichi, il gesto architettonico e le esigenze di tutela, se affrontati senza riflettere attentamente sul significato delle emergenze archeologiche, possono condurre all'edificazione di puri contenitori, la cui caratteristica preminente sembra essere la negazione dello spazio interno e la decontestualizzazione dei resti archeologici, anziché l'auspicata leggerezza della nuova architettura.

Un approccio più tecnologico, dove la copertura protettiva costituisce un esempio di perfetta armonia tra l'antico ed il moderno è quello del Romerbad Museum Badenweiler. La copertura propone una lettura differente del monumento e sfrutta le qualità ottiche del vetro e l'elasticità dell'acciaio, proponendo una nuova contestualizzazione. Il progetto contemporaneo sull'antico richiede spesso di mettere in primo piano le esigenze di evocazione delle preesistenze, particolarmente archeologiche, con una ricerca di linguaggio e un simbolismo più appropriati, soprattutto quando l'intervento di protezione e valorizzazione delle rovine si muove in canali di assoluta modernità espressiva e di grande evoluzione tecnologica.



Riconfigurazione del cosiddetto "Tempio di Apollo" nel Santuario di Portonaccio, Veio (progetto di Franco Ceschi)

2.2 Trasparenza e principi guida del restauro

Gli interventi di restauro si configurano come il risultato della riflessione storico-critica che, desumendo dalla realtà stessa della preesistenza architettonica i fondamentali riferimenti di merito, li traduce poi in concrete scelte operative e tecniche. "Da qui l'esigenza del progressivo affinamento delle tecnologie, ottenibile mediante l'uso scientificamente controllato di sistemi esecutivi e materiali, e la necessità di un'ampia diffusione della collaborazione interdisciplinare"¹⁰.

Se dalle scelte concettuali di fondo discenderanno le diverse proposte operative, le alternative tecnologiche saranno poi vagliate con pari attenzione in ragione della natura e della storia propria di ogni singola opera, garantendo possibilmente il soddisfacimento dei seguenti criteri di base:

- il minimo intervento, escludendo tutto ciò che non strettamente necessario, direttamente o indirettamente, alla perpetuazione del bene;
- la reversibilità, almeno potenziale, delle opere attuate;
- la compatibilità meccanica e chimico fisica con la preesistenza;
- la "durabilità";
- la conservazione dell'autenticità, per cui le nuove aggiunte dovrebbero essere, in linea di massima, riconoscibili a vista e distinte dall'antico;



L'Heidentor (354-361 d.C.), parco archeologico di Carnuntum, tra i più famosi monumenti austriaci. Una perfetta impressione della sua tridimensionale monumentalità è fornita da un semplicissimo pannello trasparente, che sovrappone alle rovine una loro virtuale ricostruzione prospettica: un'interpretazione del monumento che non interferisce con la materia né tantomeno con la sua "conoscenza" futura

- l'attualità espressiva, come conseguenza della distinguibilità e dell'autenticità, per evitare ogni tentativo d'imitazione in stile o di falsificazione storicistica, sperimentando controllate e discrete opportunità d'espressione "attuale" di quelle minime, indispensabili aggiunte e modifiche che sarà necessario apportare¹¹.

"Il verbo latino *revertere*, da cui reversibilità, indica la fattibilità del ritorno di un'opera, dopo un intervento, allo *status* precedente ad esso. [...] Il verbo latino *compati*, da cui compatibilità, segnala l'attestarsi positivo, nello *status* di un'opera, di un intervento che introduce un miglioramento e ne prolunga nel tempo la fruibilità rispettandone l'autenticità. [...] I due criteri in ogni caso indicano tendenze, individuano soglie o limiti discrezionali da non oltrepassare"¹².

I principi del restauro critico sono stati recepiti a partire dalla Carta del restauro del 1972, emanata dal Ministero della Pubblica Istruzione, allora competente in materia. "Ma è solo con Cesare Brandi che la dialettica fra storia ed estetica nel restauro verrà formulata apertamente e posta come il cardine stesso della sua elaborazione teorica. In realtà la Carta di Amsterdam (1975) ha stabilito il principio, già assunto da tempo, della "conservazione integrata", la quale associa i due concetti della conservazione/restauro e dell'attribuzione d'un uso appropriato. Il restauro comporta necessariamente l'esigenza di dotare il monumento d'una funzione che sia però compatibile con la sua natura e che non comporti modifiche violente o indiscriminate"¹³.

I principi-guida o *precetti operativi* che hanno cominciati a delinearsi sin dalla metà del XVIII secolo, si sono poi consolidati nelle formulazioni del "restauro scientifico", ormai generalmente acquisiti:

- a) la distinguibilità fra integrazioni e parti originali, per non falsare la lettura del "testo storico" e garantirne, invece, un'interpretazione chiara e corretta;
- b) la reversibilità dell'intervento di restauro: si deve prevedere e non precludere la possibilità di futuri interventi di correzione o rettifica di quanto operato, senza per questo pregiudicare l'opera. Il restauro è "ipotesi critica" e, come tale, sempre verificabile ed emendabile¹⁴;
- c) l'autenticità espressiva: qualsiasi elemento che si aggiunga deve essere una palese testimonianza del nostro tempo, senza però che il suo accostamento all'opera risulti stridente e violento;
- d) il minimo intervento: limitarsi a intervenire solo quando ciò risulti indispensabile per la conservazione, alterando il meno possibile la preesistenza;
- e) la compatibilità fisico-chimica fra i materiali originali e quelli impiegati nell'intervento.

Le proprietà e i significati della trasparenza si innestano in questi *precetti operativi*, suggerendo un potenziale di applicazioni, che passa senza dubbio per il campo delle schermature protettive e per gli ambiti in cui sia necessaria una visibilità e *lettura*, ma può fornire risposte anche a problematiche più complesse legate all'intervento di restauro,

come le *integrazioni*, ad esempio, totali o parziali. Facendo un quadro di potenzialità, fino ad ora inesprese ad eccezione di alcuni settori, della trasparenza affidata ai materiali di sintesi in collegamento al restauro, si possono evidenziare:

- dispositivi di protezione ad elevata resistenza meccanica
- trasparenza a protezione di superfici per le quali sia necessaria la visibilità accompagnata al filtro di parti della radiazione luminosa
- interventi in cui il dispositivo protettivo debba essere sagomato ad hoc per adattarsi a strutture dallo stato conservativo e dalla consistenza materica complesse
- integrazioni dichiaratamente contemporanee
- interventi in cui sia richiesta la minimizzazione degli impatti ambientali e visivo-percettivi.

2.3 L'evoluzione dell'uso della trasparenza nei sistemi di protezione tra teoria del restauro e prassi operative

Il ricorso alla leggerezza e al minimo impatto, è un principio teorico già delineato e tracciato a partire dalle prime carte del Restauro, come linea teorica, spesso indipendente dalle prassi operative. Già nel 1931, con la Carta del Restauro Italiana, il Consiglio Superiore per le Antichità e Belle Arti stabilisce " [...] che insieme col rispetto per il monumento e per le sue varie fasi proceda quello delle sue condizioni ambientali, le quali non debbono essere alterate da inopportuni isolamenti, da costruzioni di nuove fabbriche prossime invadenti per massa, per colore, per stile; che nelle aggiunte che si dimostrassero necessarie, o per raggiungere lo scopo di una reintegrazione totale o parziale, o per la pratica utilizzazione del monumento, il criterio essenziale da seguirsi debba essere, oltre a quello di limitare tali elementi nuovi al minimo possibile, anche quello di dare ad essi un carattere di nuda semplicità e di rispondenza allo schema costruttivo [...]; che in ogni caso debbano siffatte aggiunte essere accuratamente ed evidentemente designate o con l'impiego di materiale diverso dal primitivo, [...] per modo che mai un restauro eseguito possa trarre in inganno gli studiosi e rappresentare una falsificazione di un documento storico; che allo scopo di rinforzare la compagine stanca di un monumento e di reintegrare la massa, tutti i mezzi costruttivi modernissimi possano recare ausili preziosi e sia opportuno valersene quando l'adozione di mezzi costruttivi analoghi agli antichi non raggiunga lo scopo; e che del pari, i sussidi sperimentali delle varie scienze debbano essere chiamati a contributo per tutti gli altri temi minuti e complessi di conservazione delle strutture fatiscenti, nei quali ormai i procedimenti empirici debbono cedere il campo a quelli rigidamente scientifici"¹⁵.

All'effimero come fondamento della *modernità* ci si può ricondurre a partire dal manifesto dell'architettura futurista, in cui si disprezza l'uso

di “materiali massicci, voluminosi, costosi e si proclama l’architettura della semplicità, [...] del vetro e dei surrogati” che permettono di ottenere il massimo della elasticità e della leggerezza¹⁶. Dal Movimento Moderno in poi il vetro, la leggerezza e l’*evanescente* diventano un nuovo *lessico* dell’architettura. Ma quando appare la trasparenza come materializzazione di un approccio critico all’intervento conservativo? Quando il potenziale *allusivo* e di *figuratività ridotta* comincia ad essere sfruttato, se non proprio *indagato*? L’utilizzo del vetro come materiale che protegge ma che consente di vedere (finestra) o ammirare ha radici antiche, che affondano nel contenitore museo e nelle teche dell’oggetto d’arte. In architettura non tarda ad arrivare e conosce un progressivo utilizzo che va di pari passo con l’innovazione tecnologica del materiale. Il passaggio critico subentra dal momento in cui sussiste l’esigenza di proteggere strutture storiche conservate in situ. “Passare dalla sistemazione provvisoria dei siti archeologici a quella definitiva è ancora più complesso. Forse anche per questo accumulo di difficoltà, la tutela e la valorizzazione dei siti archeologici, intesi come complesso di beni mobili e immobili, paesaggio, strutture e materiali, sono un obiettivo abbastanza recente dell’archeologia, in netta contrapposizione con la concezione “antiquaria” del XIX secolo, e di parte del successivo, che nei campi di scavo vide soprattutto la fonte di recupero di “tesori” d’arte antica da porre nei musei. [...] Questa spinta alla musealizzazione propone in termini più impellenti il tema delle coperture; d’altra parte nuove tecnologie e nuovi materiali rendono possibili soluzioni di grande leggerezza e flessibilità, fondate soprattutto sulla modularità e dichiaratamente estranee alla struttura antica, di cui cambiano profilo, volumetria – con tutte le ricadute d’impatto ambientale e invasività estetica se non strutturale del nuovo rispetto all’antico – e condizioni di luce, che diviene omogenea e indifferenziata o casuale, mentre, con le sue alternanze e articolazioni, era un elemento fondamentale della gerarchia degli ambienti, della loro funzione e fruizione antica”¹⁷. In questo nuovo contesto di esigenze, ma anche di possibilità operative, tra le differenti soluzioni tecnologiche e i materiali “sperimentati” per proporre soluzioni conservative, compaiono i materiali di sintesi, che, col passare del tempo, non in campo conservativo ma a larga scala a livello industriale, diventano competitivi “con il vetro su tutti i terreni: da quello “artistico” artigianale a quello della produzione standardizzata di massa, a quello high-tech dell’elettronica, ma secondo una linea evolutiva opposta: mentre per il vetro si trattava di rendere più facile ed economica la produzione di prestazioni di alta qualità, per le plastiche il problema è sempre stato quello di accrescere la qualità di una prestazione facilmente producibile”¹⁸. Nel frattempo, nel campo della conservazione dei beni storico-architettonici, “la continua proposta di nuovi materiali ha spinto a una sperimentazione molto diversificata, anche in complessi sostanzialmente unitari, come Pompei, con un effetto esteticamente non sgradevole ma che rende esplicito, anche al

visitatore, quanto il tema sia ancora lontano da soluzioni davvero soddisfacenti. Alcune soluzioni, che pure erano state vigorosamente sostenute, come l’efficacia (rapporto risultati/obiettivi) delle coperture in laterocemento e l’efficienza (rapporto risultati/costi) di quelle in eternit, si sono dimostrate del tutto inefficaci, portando anzi a risultati disastrosi, ai quali ora si deve porre rimedio fra accresciuti danni e conseguenti difficoltà, mentre su alcuni nuovi materiali, quali i policarbonati, pende irrisolto il problema degli effetti collaterali in termini di climatizzazione e controllo della luce. Su tutto, l’unica certezza univocamente accettata è che qualunque sistema di protezione richiede un controllo e una manutenzione costanti”¹⁹.

2.3.1 I sistemi di tendaggi

Le tende, e più in generale i tendaggi, rappresentano uno dei primi sistemi di oscuramento adottati dall’uomo, sia all’esterno che all’interno dell’abitazione. In epoca medioevale, il baldacchino protegge il passaggio dei nobili perciò, per il suo incutere reverenza e prestigio, nel Rinascimento la tenda, intesa come tessuto e pannello, diventerà un arredo regale con i cui i nobili addobberanno i loro palazzi, acquistando tessuti in Oriente.

Nell’epoca barocca, il gusto scenografico e per i drappaggi fa nascere il culto ornamentale del tendaggio che, grazie all’aumento delle ricchezze a corte, darà alla ricerca di pregiati tessuti un impulso straordinario.

La necessità di appartarsi da sguardi indiscreti introdurrà l’uso di drappi imbottiti con ovatta. Oltre alle finestre e alle porte, anche i muri si ornano con i tessuti ovattati impreziositi da damaschi e fregi d’oro.

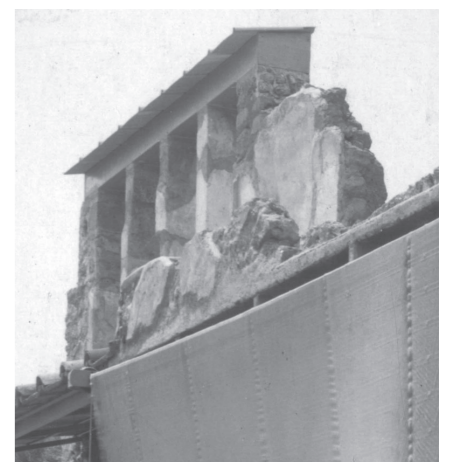
Nell’Ottocento nei tendaggi dominerà la luminosità del bianco. Con lo stile Biedermeier (movimento artistico e ornamentale sviluppatosi nel periodo storico che intercorre tra il 1815 ed il 1848) si accentuerà l’austerità e il rigore in una ricerca di effetti rigidi e squadrati per creare una verticalità diametralmente opposta alla morbidezza delle linee del secolo precedente.

Nel Novecento l’architettura moderna, legata alla nuova qualità della vita, offre un grande spazio ai tendaggi adattandoli a qualsiasi tipo di esigenza, dalla diffusione della luce, alla riservatezza, alla protezione dell’ambiente.

Il sistema tenda, quindi da un lato continua ad essere il sistema di oscuramento/protezione derivante da una “tradizione” che individua il tessuto come primo e più semplice mezzo di oscuramento e protezione, dall’altro segue le tracce dell’architettura moderna e contemporanea nell’ambito della quale l’utilizzo del vetro per la realizzazione di parti trasparenti sempre più ampie, fino alla realizzazione di interi edifici vetrati, ha reso necessario lo studio di sistemi di oscuramento e



Pompei, via dell’Abbondanza. Sono visibili i dispositivi avvolgibili per i tendaggi collocati in prossimità dei dipinti murali, già peraltro schermati da lastre di vetro (1935 circa, Archivio della Soprintendenza Archeologica di Pompei)

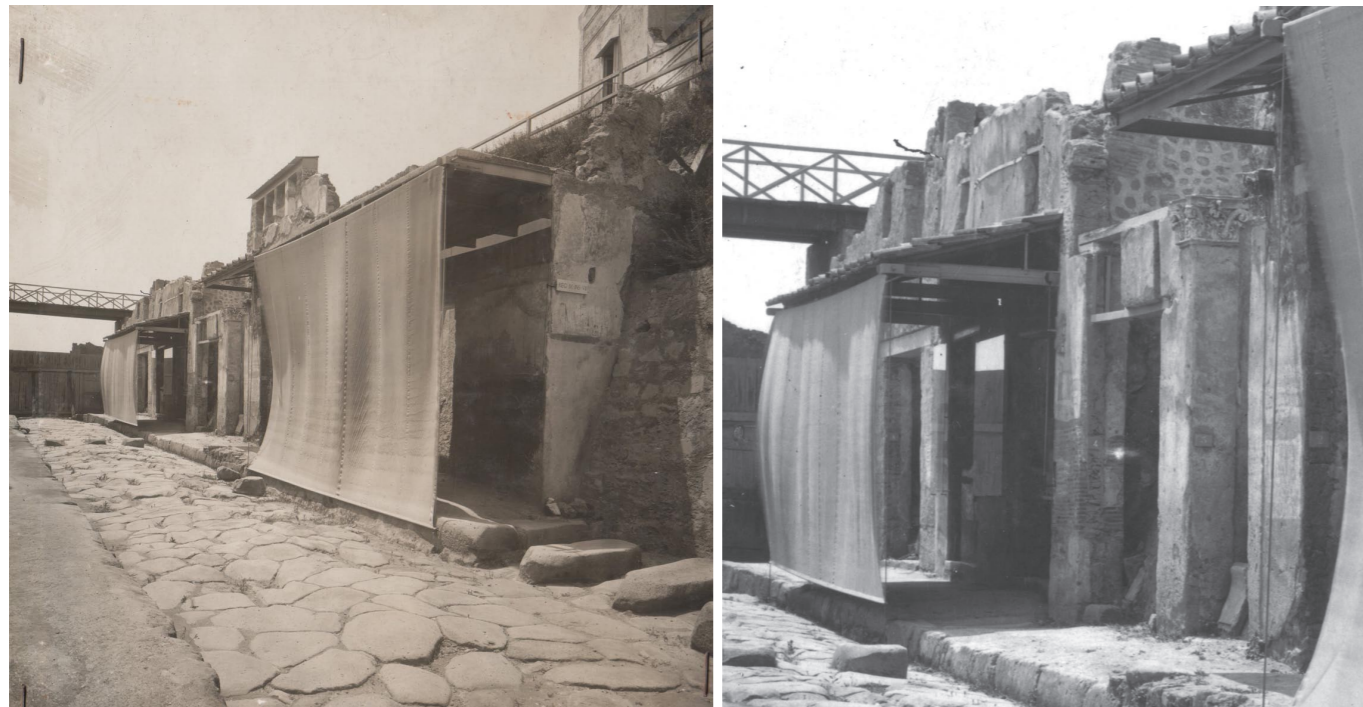


ombreggiamento. Tali studi, dalle esigenze basilari di privacy e di oscuramento dall'irraggiamento solare, si sono via via sviluppate verso una ricerca di comfort ambientale dapprima e poi di sistemi di risparmio energetico²⁰.

Da secoli le tende da sole vengono impiegate dall'uomo per difendersi dalla calura e per proteggere dai raggi solari serramenti e arredi, negli interni, o superfici esterne. La tenda da sole esercita in maniera più forte la sua funzione protettiva nei mesi caldi mitigando l'intensità della luce, la dannosità dei raggi UV, l'incidenza del calore. Ma la sua protezione si estende per dodici mesi nei confronti degli agenti atmosferici²¹.

Nell'ambito della protezione di manufatti storico-architettonici, tessuti, teli e membrane sono stati, e sono tutt'ora utilizzati, per lo più come forma protettiva provvisoria, ma non solo, viste le nuove prestazioni dei tessuti oggi prodotti. I tendaggi in tessuto hanno visto un utilizzo già dagli anni '30 a protezione di superfici storiche, al fine di limitare i danni provocati dall'irraggiamento solare diretto o dagli agenti atmosferici. Sono proprio di quegli anni, infatti, i tendaggi posti a protezione dei dipinti murali sulle facciate esterne del sito archeologico di Pompei.

Pompei, via dell'Abbondanza. Le tende distese proteggono le parti delle facciate scavate in cui sono presenti i dipinti murali



Lungo via dell'Abbondanza i fronti esterni, in quel periodo riportati alla luce da poco tempo, sono rimaste numerose tracce dei sistemi di avvolgimento dei tendaggi protettivi, che si possono vedere nelle immagini storiche. I sistemi erano mobili, ovvero avvolgibili, e le tende, fissate con sottili profilati metallici, venivano stese o avvolte manualmente, tramite asta di manovra, a seconda delle condizioni di esposizione nelle ore del giorno o in funzione della necessità di ammirare i dipinti o eseguire su di essi operazioni di restauro o di studio.



Pompei, via dell'Abbondanza, Termopolio di Asellina. Tende avvolte in sommità dei dipinti murali protetti con lastre di vetro. Una "teca" di vetro contiene anche gli oggetti rinvenuti nell'antica bottega durante lo scavo (Foto Alinari 1935, Archivio della Soprintendenza Archeologica di Pompei)

L'evoluzione dei tessuti e delle materie plastiche ha portato a un utilizzo a fini protettivi in contesti archeologici o come protezioni provvisorie nel corso di lavori di restauro in forma di teli; la copertura provvisoria con teli impermeabili in materiale plastico rientra tra le protezioni più "classiche" e più diffuse.

Le tensostrutture con membrane possono essere utilizzate anche come sistemi di copertura permanente, non senza problemi soprattutto dal punto di vista microclimatico e, ancora di più, dell'impatto visivo e percettivo, incorrendo nel rischio di annullare l'architettura storica.

2.3.2 Il vetro

Lo storico romano Plinio riporta un'antica leggenda che fa risalire ad un gruppo di mercanti fenici di nitro la scoperta del vetro: "si sparsero per la spiaggia a preparare la cena; poiché non c'era a portata di mano delle pietre per tenere sollevati i pentoloni, essi usarono come sostegni pezzi di nitro presi dalla nave e questi, accessi e mescolati con la sabbia della spiaggia, diedero origine a rigagnoli lucenti di un liquido ignoto [...]. Presto, come c'era da aspettarsi, l'intelligenza dell'uomo non fu paga di mescolare solo il nitro con la sabbia, e si cominciò ad aggiungere anche il magnetite, perché si crede che attiri anche il liquido del vetro alla pari del ferro"²². Ma è probabile che le prime tecniche di vetrificazione conobbero un processo di scoperta e di perfezionamento in Egitto e in Mesopotamia tra il V e il III millennio a.C.: in quei luoghi "si usava proteggere alcuni materiali ceramici, come ad esempio le tegole, con uno strato vetroso al fine di eliminare la porosità del laterizio. [...] Ma è con l'invenzione della soffiatura che l'industria vetraria subì

un grande rilancio. Essa fu scoperta dai siriani intorno al I secolo a.C. ed è arrivata fino a noi pressoché invariata. L'avvento di questa tecnica di produzione indusse come conseguenza alcune modificazioni anche nella composizione dei materiali e degli stampi, soprattutto in Siria ed in Egitto. Sempre Plinio documenta, nel 77 d.C., il grande rilancio presso i romani dell'industria vetraria grazie allo sviluppo di tale tecnica. [...] È comunque nel XIX secolo che prese piede l'industria vetraria che, parallelamente alle produzioni d'arte, mise in essere la lavorazione dei vetri per contenitori e lastre per serramenti. In periodo ottocentesco vengono realizzate molteplici serre in vetro e ghisa²³. Grazie ad una industria *attrezzata* Joseph Paxton, in occasione dell'esposizione universale di Londra nel 1851, riuscirà nell'impresa di realizzare, peraltro in tempi molto rapidi per l'epoca, il Crystal Palace, un edificio completamente in vetro e metallo smontabile. È del 1881 il primo laboratorio scientifico sul vetro, che dà inizio alla produzione industriale del vetro per l'ottica.

Da materiale plasmato artigianalmente e destinato a collocarsi come oggetto raro, costoso e raffinato, in seguito alla sua realizzabilità industriale diventa prodotto di largo consumo. Gli architetti del Movimento Moderno sfrutteranno le possibilità espressive di questo materiale in realizzazioni emblematiche, dal padiglione di vetro di Bruno Taut realizzato a Colonia nel 1914, all'edificio del Bauhaus (W. Gropius, Dessau, 1926), ecc.

Lo sviluppo delle tecnologie consente di aumentare le dimensioni dei pannelli di vetro. Intorno ai primi anni del 1900 vengono brevettati i sistemi di fabbricazione delle lastre che soddisferanno i bisogni fino ad anni recenti (1952), a quando cioè verrà introdotto il sistema *float*.

Migliorano nel tempo i processi produttivi consentendo, allo stato attuale, la realizzabilità di circa 100.000 tipi diversi di vetro, dalle comuni lastre alle fibre per ottica ed elettronica, ad applicazioni di assoluta eccezionalità²⁴.

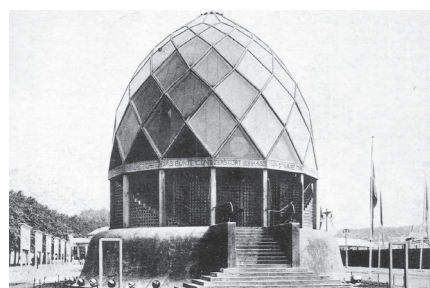
Di pari passo con l'innovazione tecnologica del materiale e a partire dai progetti di architettura moderna e contemporanea, gli esempi in cui il vetro ha trovato forme di applicazione in progetti di restauro sono numerosissimi; il progetto di restauro "in quanto progetto di architettura con proprie peculiarità, non può sottrarsi a tale ordine di principi [riferendosi a quelli che Giulio Carlo Argan traccia per la voce *Architettura* nel dizionario curato da Paolo Portoghesi nel 1968], pur essendo chiamato a modularli rispetto a peculiari condizioni di contesto"²⁵.

Non è questa la sede per riportare un *elenco* acritico di progetti di restauro in cui è stato utilizzato il vetro, elenco che peraltro risulterebbe non esaustivo e non pertinente. Si riportano alcune esemplificazioni a supporto di note critiche e considerazioni relative agli aspetti progettuali e conservativi che il vetro, in taluni casi, ha prodotto, utili a comprendere l'*utilizzo* della trasparenza.

La ricerca relativa alla protezione di architetture storiche o di rovine in

Lussemburgo, Belgio e Germania si è concentrata in modo particolare sulle esigenze di contesti archeologici rinvenuti in contesti urbani, e sulle sorti dei ruderi archeologici nelle grandi città e in particolare per quanto riguarda "l'importanza dell'involucro nel quale le vestigia resteranno. È in questa fase, infatti, che spesso si hanno le note dolenti, perché la struttura che ingloba eventuali vestigia è nella maggior parte dei casi realizzata senza tener conto della specificità del contesto (conoscenze ridotte, mal trasmesse o assenza di conoscenze relative alla tassonomia delle vestigia da un lato, alle interazioni tra il sito ed il suo contenitore dall'altro). Anche se la nozione di involucro designa quasi sempre la sola struttura costruita, è chiaro che dovrebbe comprendere tutte le altre componenti del contesto in cui vengono conservati i resti"²⁶.

Nel centro della città di Bruxelles, a seguito di lavori di sistemazione della viabilità, nel 1988, si intraprese il progetto di un museo che potesse contenere le rovine del convento francescano del XIII secolo rinvenute durante i lavori. "Nel 1989 problemi finanziari impedirono di proseguire la realizzazione del museo, che poté riprendere solo qualche anno dopo, nel 1992. Con estrema attenzione alla posizione decisamente centrale del museo, che si trova proprio nel cuore storico di Bruxelles, l'architetto Jean-Paul Jourdain (in collaborazione con lo studio di ingegneria B Group, in particolare con l'architetto Nicaise) operò la scelta museografica di rendere la strada "trasparente", cosicché, semplicemente passando, si possa cogliere la presenza del passato e comprendere la ricchezza del sottosuolo urbano e la sovrapposizione di segni e significati. [...] La scelta di un museo vetrato è molto nuova nel 1990, quando viene presentata, ed in seguito conosce un grande successo in diverse città d'Europa, come Colonia e Basilea. L'architettura è molto bassa per non arrecare disturbo all'edificio della Borsa stesso. In corrispondenza del coro della chiesa, e disposta lungo l'antico asse dell'edificio, è stata inserita una grande vetrata, una sorta di lucernario racchiuso tra due terrazze esterne, ed il tracciato dei muri dell'abside del coro è segnalato all'esterno dalla nuova pavimentazione. [...] Naturalmente, la stessa vetrata, nonostante fosse un input di progetto, genera un effetto serra: per evitare la condensa è stato messo in atto un sistema di sbrinamento associato ad un sistema di controllo idrometrico. Il lucernario è costituito da un doppio vetro, e nella camera tra le due lastre è assicurata la circolazione dell'aria. [...] Tuttavia si verifica il paradosso per il quale il sito che fruisce di una specifica interfaccia architettonica con la città, Bruxella 1238, appare in realtà come una vetrina pietrificata, inaccessibile se non un giorno al mese, appendice all'apparenza trascurata di una più vasta rete: poco pubblicizzato [...], si tratta di un intervento che non è pressoché pubblicato, ad eccezione di una guida edita nel 1993. Inoltre, come sempre accade, le aperture permettono di vedere l'esterno dall'interno molto più di quanto permettano di vedere l'interno dall'esterno. La posizione geografica di Bruxel-



Bruno Taut, Glashaus, padiglione di vetro per l'esposizione del Deutscher Werkbund, Colonia 1914, vista esterna e interna. La scala, le pareti e la copertura interamente vetrate, al di là della forte motivazione simbolica, dimostrano le potenzialità offerte dall'industria del vetro al settore delle costruzioni



Museo Bruxella 1238, Bruxelles. La struttura vetrata protegge un convento francescano del XIII secolo, sotto il livello stradale attuale, e subisce il riflesso che non consente di vedere ciò che in realtà la struttura protettiva invita a guardare

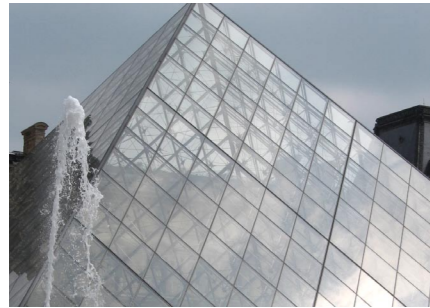
les non offre certo condizioni di illuminamento intenso, ciononostante – particolarmente evidente per il lungo lucernario a falde – il cielo e parte degli edifici circostanti si riflettono inesorabilmente e irrimediabilmente sulle vetrate, scoraggiando addirittura impedendo la visione di quello che invece invitano a guardare”²⁷.

“Le coperture protettive costituiscono dunque quei momenti in cui il restauro e la manutenzione si incontrano con la museografia, operando insieme per fornire soluzioni tecnologicamente e formalmente rispettose dell’originale. I principi a cui si ispirano le recenti normative internazionali sono infatti la reversibilità e la riconoscibilità dell’intervento [...]. Anche se i materiali corrispondono a queste fondamentali caratteristiche, l’impatto visivo delle nuove strutture potrebbe però non avere il successo sperato, per mancanza di relazione formale con le rovine o per il rapporto decisamente in contrasto col contesto circostante. Una corretta conservazione (protezione dall’acqua, dal vento, dall’infiltrazione di sabbie o di vegetazioni infestanti, dagli sbalzi dell’umidità relativa e della temperatura) dovrebbe quindi confrontarsi anche con una “configurazione” corretta delle rovine, per non mortificare la loro identità di architetture e non fornirne letture falsanti.

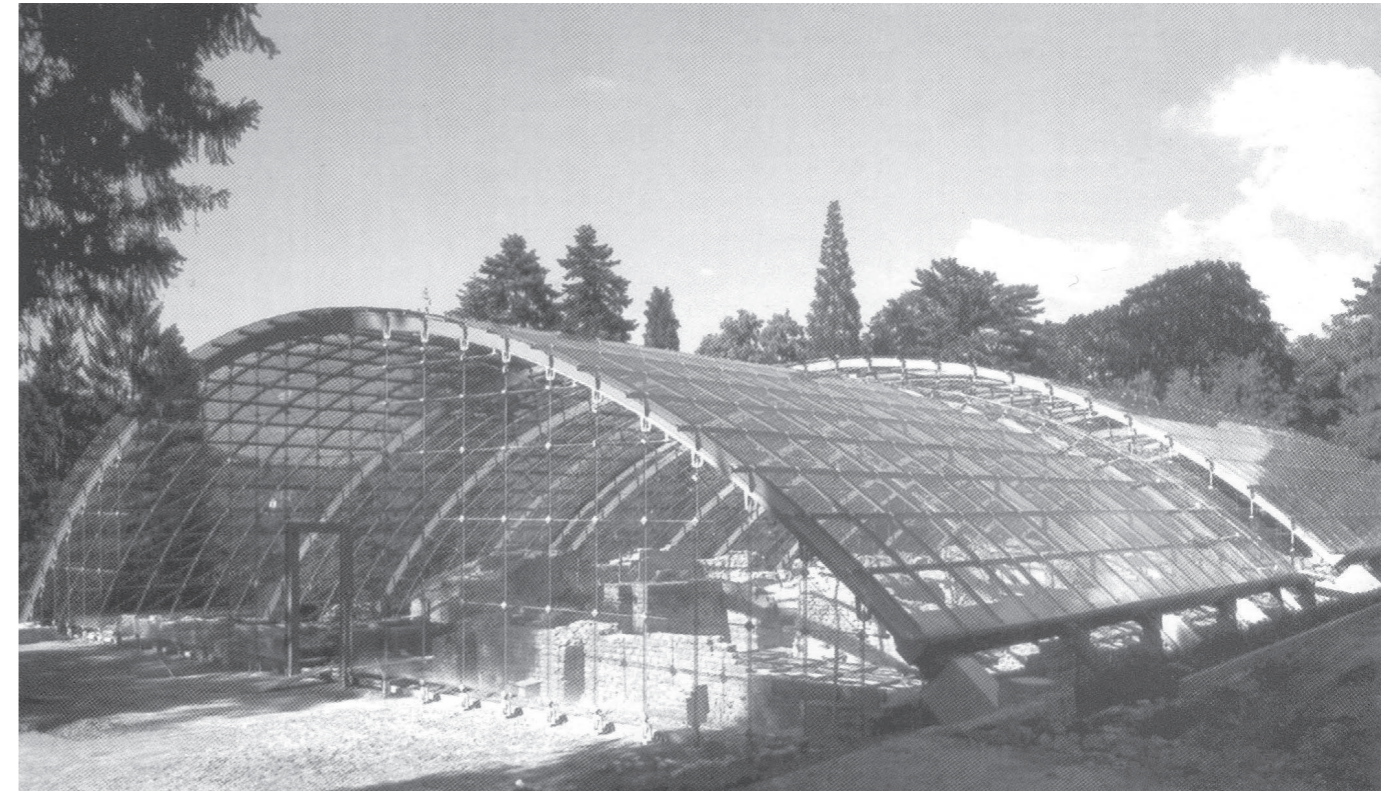
[...] L’inconsistenza materica è infatti una chiave di lettura di molti progetti di architettura contemporanea che si confrontano con le preesistenze: dalle simbologie prorompenti delle piramidi del Louvre, di Ieoh Ming Pei (1990), al “coperchio” sospeso sulle terme romane del Thermenmuseum Trier, di Oswald Mathias Ungers (1998), passando per l’esplorazione delle forme classiche” di Norman Foster nel Carré d’Art di Nîmes (1992).

Nella sperimentazione contemporanea tedesca, una notevole sensibilità estetica si accompagna ad un’approfondita ricerca tecnologica, sull’utilizzo di materiali leggeri e poco intrusivi. [...] Le ricerche condotte nei più noti parchi archeologici di Xanten e Cambodunum, hanno alimentato la sperimentazione a tutto campo della tecnologia acciaio-vetro, anticipando le più recenti opere, realizzate nell’arco di un triennio nel sud del Baden-Württemberg”²⁸.

La struttura del nuovo Romerbad Museum Badenweiler (progettata dallo studio Schlaich, Bergemann und Partner di Stuttgart, 2002/2003), cercava la necessaria “inconsistenza” richiesta all’intervento di protezione delle rovine dei bagni termali scoperti tra il 1784 e il 1785, nell’accostamento delle qualità estetiche del vetro alle caratteristiche elastiche dell’acciaio. La leggerezza della struttura è stata l’obiettivo principale del progetto, per rispondere simultaneamente all’ambivalente richiesta di inserire gli antichi bagni romani nel nuovo stabilimento termale, gestendo contemporaneamente le rovine romane e le esigenze dello spazio urbano, attraverso la ricerca di un minimalismo assoluto e la negazione di un approccio formale. “Una elaborazione delle caratteristiche intrinseche dei materiali utilizzati ha consentito di ridurre al minimo la loro quantità, ottenendo una massima capacità di cari-



Museo del Louvre, Parigi, Ming Ieoh Pei 1990

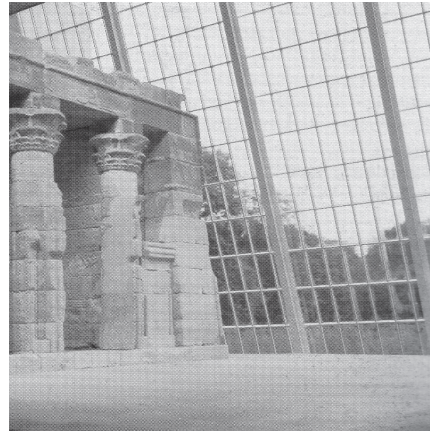


Romerbad Museum Badenweiler. Un guscio trasparente sospeso sulle rovine dei bagni termali

co. Un guscio sospeso sulle rovine dei bagni termali, assolutamente trasparente, ne segue la principale estensione, dirompendo, con uno sbalzo volumetrico, in corrispondenza delle due grandi vasche centrali. La simmetria dell’impianto antico è l’unico elemento simbolicamente reinterpretato dalle nuove coperture, la cui sagoma a botte ribassata potrebbe, infine, essere letta come un’ulteriore rievocazione delle originarie volte. Il linguaggio assolutamente moderno della struttura è per il resto in netto contrasto, per scelta di materiali e soluzioni tecnologiche, con la tecnica e l’estetica antica”²⁹.

Si può naturalmente, e forse banalmente, osservare come la storia del vetro sia molto più antica e molto diversa rispetto a quello che accadrà poi con i materiali di sintesi, e come segua percorsi di sviluppo tecnologico con continuità secolare. È infatti ancora relativamente recente l’attribuzione della caratteristica della trasparenza esclusivamente al vetro: “il lungo dominio di questo materiale ha creato un’immagine culturale in cui la trasparenza è tutt’uno con le sue specifiche proprietà. Poi sono arrivate le plastiche, molte delle quali sono trasparenti, e non solo si sono messe in competizione con il vetro nei settori tradizionali, ma hanno anche esteso la trasparenza a nuove aree merceologiche. L’immagine tradizionale dell’oggetto trasparente è così profondamente mutata: la trasparenza può essere mutata in quantità e per di più si libera dalla sua storica fragilità. La connotazione di nobiltà scompare perché finisce l’eccezionalità della prestazione, ma anche perché l’uso degli oggetti trasparenti non richiede più la cautela e la reverenza





imposte dal vetro: il vetro, diremo parafrasando Benjamin, nell'epoca della sua riproducibilità tecnica perde l'aura" ³⁰.

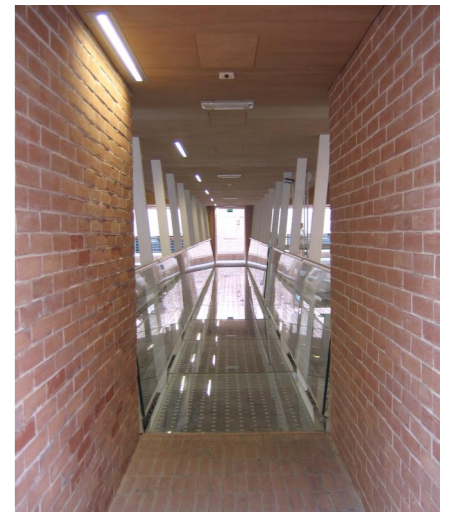
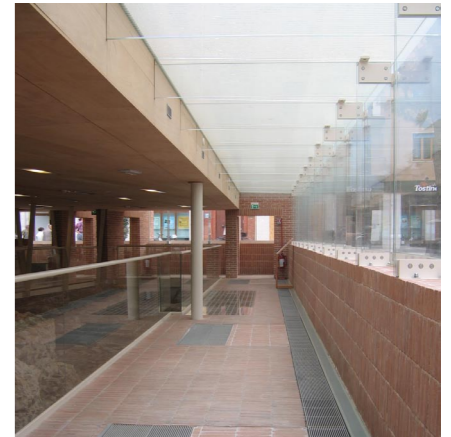
Non è un caso che il precursore nell'utilizzo dei materiali di sintesi trasparenti in interventi di restauro, Franco Minissi, abbia affidato la caratteristica della trasparenza alle materie plastiche dopo aver utilizzato il vetro a fini conservativi. "L'inseguimento di una corretta "lettura" storico-critica, del minimalismo e della leggerezza sono i motivi plausibilmente ipotizzabili per motivare il passaggio dal vetro a un fiducioso utilizzo dei materiali di sintesi per il minor peso specifico e la promessa di un miglior risultato di visibilità" ³¹.

Metropolitan Museum di New York

A sinistra il precedente "contenitore" dell'Ara Pacis; sotto, la realizzazione del progetto di Richard Meier con le "lame di luce" che colpiscono il monumento



Dettagli dell'edificio progettato a protezione e valorizzazione della Domus del Chirurgo, Rimini; passerelle e chiusure verticali in vetro non facilitano la visibilità nè dall'esterno nè all'interno



Passerella in vetro nella basilica di Aquileia nel progetto di valorizzazione della pavimentazione musiva

2.3.3 I primi materiali di sintesi

Il concetto di trasparenza e l'utilizzo di componenti in materiali di sintesi trasparenti per la protezione di strutture storico-architettoniche è un'applicazione tecnologica che, dall'esordio di utilizzi applicativi negli anni Sessanta, ha suscitato opinioni discordanti e controverse. Da una parte l'accettazione dell'utilizzo di tecnologie "innovative" come sfida verso la ricerca di leggerezza, minimo intervento, minimo impatto e reversibilità, almeno potenziale, dall'altra il rifiuto di applicare materiali non tradizionali, soprattutto per quanto riguarda la "plastica", considerato per molto tempo materiale povero e surrogante materiali tradizionali.

È dovuto passare molto tempo prima che il potenziale delle materie plastiche (in edilizia soprattutto, essendo invece stato il successo in altri settori applicativi molto più repentino) venisse recepito e soprattutto sfruttato. E soprattutto molto tempo è intercorso tra la "nascita" dei materiali sintetici trasparenti e le applicazioni in architettura in "sostituzione" del vetro; decisamente più arduo il recepimento negli interventi di protezione, non tanto dal punto di vista teorico-critico delle possibilità di "rivelazione" e protezione che la trasparenza può conferire, ma soprattutto dal punto di vista prestazionale. A fronte di oggettive differenze che rendono il materiale di sintesi più "conveniente" rispetto al vetro in determinate e appropriate applicazioni (leggerezza, economicità, sicurezza, minor probabilità di rottura, ecc.), è molto recente la conquista di prestazioni legate alle proprietà ottiche dei materiali di sintesi, tali da renderli potenzialmente concorrenziali con il vetro nelle applicazioni protettive (alto indice di trasmissione della luce, quindi maggiore trasparenza, resistenza all'abrasione, protezione dai raggi UV, proprietà anti-riflesso, ecc.), se sommate alle qualità tradizionali delle materie plastiche e, caratteristica fondamentale, l'elevata lavorabilità e adattabilità.

Il discorso è diverso se si considerano i materiali plastici non in forma di componenti, e nella fattispecie di lastre, ma di resine applicate nel campo nel restauro a partire dagli anni Cinquanta e Sessanta, che poi vennero utilizzate come componenti ad opera di Franco Minissi, che fu precursore nell'utilizzo delle materie plastiche nel restauro. "Le resine termoindurenti che Minissi introdusse nel restauro architettonico venivano già usate, all'epoca, nel consolidamento dei dipinti su tavola e nella produzione di perni di fissaggio per tavolati pavimentali o elementi strutturali in legno, in ragione della stabilità dimostrata di fronte agli sbalzi termici e igrometrici. In quegli anni si svolgeva, inoltre, una vasta sperimentazione sulle possibilità di supporto di dipinti murali decoesi mediante l'impiego di semilavorati in materiale plastico espanso, anche privi di intelaiatura metallica, che aderivano alla compagine muraria lievi e adattabili"³².

Negli anni '60 all'economicità della plastica si affiancò la trasparenza,



Piazza Armerina, Villa del Casale; una delle prime applicazioni dei materiali di sintesi trasparenti ad un'architettura storica

quando si diffusero i policarbonati, combinando alla durezza superficiale maggiori prestazioni di isolamento e di resistenza alle temperature e all'umidità. "Comunque è presumibile che Minissi continuasse a optare per il metacrilato di polimetile per via delle elevate capacità di trasmissione della luce, superiori a quelle dei vetri inorganici. [...] egli stesso ne decantò l'uso nell'ambito della tutela dei monumenti, con una serie di motivazioni tecniche, fra le quali emergevano considerazioni di tipo architettonico, vale a dire la capacità di adattare questi laminati plastici a qualsiasi forma e colore, la loro distinguibilità a scanso di ogni mimesi, la possibilità di lasciar vedere, attraverso la trasparenza delle strutture protettive, gli elementi antichi sopravvissuti e di costruire una sorta di modello grafico sovrapposto delle eventuali ipotesi storico-ricostruttive"³³.

Per una trattazione approfondita dei progetti di conservazione e restauro in cui sono stati utilizzati materiali di sintesi trasparenti, in esemplificazioni di interventi dagli anni '60 fino alla contemporaneità, si rimanda al capitolo 7.

2.4 Motivazioni di una scelta: l'approfondimento e l'analisi critica della trasparenza dei materiali sintetici

La scelta di approfondire il percorso di ricerca concentrando l'analisi alla trasparenza affidata ai materiali di sintesi nelle applicazioni di progetti conservativi di manufatti architettonici storici si sviluppa dalla volontà di effettuare l'analisi critica di un campo, per certi versi, inesplorato.

Mentre le caratteristiche e le innovazioni tecnologiche del vetro costituiscono un ambito noto, anche per quanto riguarda gli esiti conservativi di progetti di restauro *trasparenti*, la stessa intensità e qualità di fonti non è reperibile per le materie plastiche trasparenti. Questo aspetto si è intrecciato con la volontà di approfondire un segmento dell'innovazione tecnologica rapportata al restauro. Non da ultimo, la ricerca si è arricchita con l'analisi dei caratteri *immateriali* che legano la trasparenza all'intervento di restauro. Caratteri *nuovi* resi possibili spesso da *nuove* tecnologie.

Da un lato, i *principi* del restauro e le *teorie* ormai condivise professano un approccio che persegue il "minimo intervento", la "reversibilità" (almeno potenziale) la "distinguibilità" e il minor impatto visivo possibile, dall'altro, pur riconoscendo la necessaria multidisciplinarietà e quindi l'approfondimento di diversi aspetti e competenze, che ruotano attorno al progetto di restauro, esiste una sorta di diffidenza verso la "sopravalutazione della tecnologia moderna"³⁴ e i rischi che essa comporta in termini di perdita materiale delle testimonianze storiche. "Sperimentazioni spinte oltre ogni ragionevole accettabilità, non di rado sollecitate prevalentemente da interessi di mercato, sembrano caratterizzare

buona parte degli interventi realizzati negli ultimi tempi su manufatti allo stato di rudere. Non è difficile verificare come molti degli interventi di cui si è a conoscenza, di fatto, si presenta come insufficiente quando non si tratti di veri insuccessi denunciati, in maniera talvolta eclatante, da peggioramenti nei manufatti architettonici e nelle aree archeologiche. [...] La difficile situazione che si riscontra nel restauro che possiamo definire architettonico diventa ancor più complessa nel caso di edifici ridotti allo stato di rudere [...]. Sul restauro di manufatti architettonici archeologici pesano pregiudizi che, nonostante i notevoli avanzamenti metodologici e operativi che le discipline dell'archeologia e della conservazione presentano, ognuna per proprio conto, non sembra facile estirpare. A cominciare da quello delle competenze [...]. Il restauro archeologico, inteso come conservazione e valorizzazione di manufatti architettonici allo stato di rudere, presenta un ampio orizzonte di interessi che esigono, sempre più, la contemporanea presenza di specialisti diversi [...]"³⁵.

Tecnologico non significa necessariamente *non rispettoso* della preesistenza, e *tradizionale* non è automaticamente garanzia di restauro ineccepibile in termini di riconoscibilità, minimo intervento, compatibilità fisico-chimica, ecc. Di fatto, la conoscenza e la gestione del progetto *tecnologico* per la conservazione e il restauro, si tratti di semplici chiusure di protezione, di strutture di copertura o altro, sono espressioni di una competenza imprescindibile ed è convinzione di chi scrive che la conoscenza, e l'applicazione laddove risulti appropriato, di tecnologie *moderne* e di materiali *avanzati* costituisca un passaggio fondamentale verso esiti conservativi sempre più efficaci, controllabili, removibili, *implementabili*, ecc. Il passaggio chiave non è nella condanna del materiale di per se stesso o dell'high-tech sulla materia antica, ma il progetto a monte e l'uso critico e cosciente di ciò che la tecnologia contemporanea offre. E questo non significa che la *trasparenza* sia una risposta sempre e comunque valida, e non significa che la *trasparenza della contemporaneità* debba essere affidata necessariamente alle materie di sintesi. Ma dove esistano le condizioni di progetto, l'approfondimento di ciò che è possibile attualmente ottenere dalle trasparenze di sintesi può mettere a disposizione risposte in termini di componenti finalizzati alla conservazione, o, viceversa, alla scelta di non affidarsi a tali materiali.

La trasparenza viene trasferita come proprietà ai materiali di sintesi perché, rispetto al vetro, esiste la necessità di altri *ingredienti*, di altre risposte funzionali. L'avvento dei polimeri ha definitivamente rivoluzionato la progettazione della trasparenza; "la trasparenza non è più tanto una prestazione da conquistare quanto una possibilità da gestire, calibrandone l'estensione e collegandola di volta in volta a un complesso di altre prestazioni"³⁶. È altresì vero che attualmente "sono disponibili almeno settantamila materiali diversi. Tuttavia, anche a distanza di un secolo dalla comparsa delle prime materie plastiche, molti materiali po-

limerici non sono ancora conosciuti dai progettisti e vengono impiegati in maniera impropria oppure, nel migliore dei casi, per usi marginali e con soluzioni architettoniche povere sia formalmente che costruttivamente”³⁷.

La libertà di forma che il materiale plastico, caratteristica pressoché sconosciuta al vetro, costituisce un ulteriore motivo di compatibilità con le diverse esigenze di adattabilità che il progetto di restauro, caso per caso, richiede.

“Il vetro stesso mantiene il suo mercato per lo più grazie alle sue qualità funzionali (inalterabilità delle superfici, qualità della trasparenza) e alla riduzione dei suoi limiti storici (fragilità, peso, difficoltà di lavorazione). [...] In ogni caso, siano essi di vetro o di plastica, gli oggetti trasparenti hanno sempre posseduto tre personalità diverse, spesso integrate tra loro: una igienico-funzionale, una informativa, una estetico-emozionale. Nel mondo delle costruzioni, l’attenzione del progettista tende oggi a trasferirsi dal problema della quantità (fare più trasparente) a quello della qualità (progettare appunto le nuove qualità delle trasparenze). Il passaggio si osserva anche nell’evoluzione dei materiali, che accentuano progressivamente il loro ruolo di filtro, la loro capacità di interagire con la luce. Ad essi non si richiede più di essere puramente trasparenti, ma di filtrare con intelligenza e con sensibilità il flusso radiante incidente”³⁸.

Grazie ad una serie di determinate caratteristiche diverse rispetto a quelle dei materiali tradizionali, i materiali plastici consentono “da un lato di sostituire puramente questi ultimi con vantaggi in termini di costo, peso, proprietà, funzionalità ed estetica, dall’altro di concepire e sviluppare idee innovative, che si concretizzano in soluzioni sia funzionali che formali precluse ai materiali tradizionali”³⁹. Oltre alla caratteristica di trasparenza, sono altre le esigenze richieste alle tecnologie che entrano in gioco nel progetto di protezione e restauro, come la leggerezza strutturale, le caratteristiche ottiche del materiale e di illuminazione naturale, l’economicità, la reversibilità, il minimo impatto visivo e percettivo. “Utilizzare le nuove conoscenze, nate per altri scopi, è attualmente e sarà negli anni a seguire un sicuro punto di riferimento; quindi il dialogo tra il progettista, il produttore, il fornitore e il consulente, si renderà sempre più utile e necessario per utilizzare al meglio ciò che la nuova tecnologia mette a disposizione”⁴⁰.

“Il paesaggio ha bisogno di immaterialità, generata da segni, anche fisici, che ne incidano il corpo, generando nuovi processi di identificazione. Se scorrendo, nell’immaginario viaggio quotidiano, i fotogrammi dell’ambiente modificato, è facile rendersi conto che i nuovi segni, magari incongrui, prevalgono rispetto ai segni secolari, noi dobbiamo attenerci alla lunga durata ed inserire la novità in quel lento fluire. [...] Anche il nostro desiderio di novità può attingere alla fonte di una concretezza trasparente che appare scritta narrata immaginata, argine

mentale contro l’appiattimento dell’architettura o la sua svendita ai processi produttivi. Proprio il mondo della produzione peraltro offre utili contributi alla nostra esplorazione costruttiva, se tali prodotti possono essere presi e traslati dalla propria genericità genealogica e dotati di anima architettonica. Avvicinando la regione del mito alla regione della produzione i tradizionali elementi che contribuiscono alla immaterialità dell’architettura, la luce per prima, vedono modificate le proprie possibilità. I nuovi materiali speciali offrono alla luce spettacolari ipotesi di progetto. [...] I nuovi materiali spezzano, riflettono, deviano la luce, la modificano o la moltiplicano. Il viaggio nell’immaterialità non significa fuga dal fronte della realtà, ma assunzione di un materiale interiore dotato di sensibilità”⁴¹.

Note

- (1) Cfr. E. RE, *Trasparenza al limite*, Alinea, Firenze, 1997, p. 11.
- (2) G. IMBRIGHI, *Trasparenze: vetro e materiali sintetici*, Roma 1993, p. 9.
- (3) W. NERDINGER et al. *Bruno Taut: 1880-1938*, Milano, 2001, citato in A. R.D. ACCARDI, *La glass-box e la definizione degli interni museali: il Musée des Tumulus a Bougon*, in “Agathon”, 1/2008, a cura di Alberto Sposito, Palermo, 2008, p. 57.
- (4) A tal proposito cfr. P. SCHEERBART, *Architettura di vetro*, Milano, 1982.
- (5) Si veda la reciprocità di significato che Aldo Accardi, op. cit., attribuisce a *limen*, tra limite ed eccesso.
- (6) A. R.D. ACCARDI, *La glass-box ...*, op. cit., p. 57.
- (7) Ivi p. 57.
- (8) M. C. RUGGIERI TRICOLI, nel contributo *Ghost structures: esempi e riflessioni*, in “Agathon” 1/2008, a cura di Alberto Sposito, Palermo, 2008, pp. 19-26.
- (9) *Ibidem*.
- (10) G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, Liguori, Napoli, 1997, p. 449.
- (11) Ivi, p. 451.
- (12) M.A. CRIPPA, *Reversibile-Compatibile: qualche riflessione su orizzonti e limiti delle procedure di intervento*, in *Dalla reversibilità alla compatibilità*, Atti del Convegno “Dalla reversibilità alla compatibilità”, Conegliano, 13-14 giugno 2003, Nardini Editore, Firenze 2003, p. 40.
- (13) G. CARBONARA, *Orientamento del restauro in Italia - Alcune premesse*, in “L’architetto Italiano”, Mancuso Editore, Roma 2004, pp. 48-51.
- (14) *Ibidem*.
- (15) *Carta del restauro italiana*, 1931, pubblicata in G. Carbonara, “Avvicinamento al restauro”, op. cit., pp. 651-654.
- (16) A. SANT’ELIA, *L’architettura futurista (Manifesto futurista, Milano 11 luglio 1914)*, in P. HULTEN (a cura di), “Futurismo & Futurismi”, Milano, Bompiani, 1986, p. 419. Inoltre scriveva Boccioni negli stessi anni: i volumi “atmosferici, i vuoti e i pieni e la loro definizione esatta matematica, lucente, la precisione dei contorni, i toni decisivi la nudità e la crudezza la bianchezza la nerezza nelle nostre opere vivono in virtù di leggi architettoniche dettate da leggi armoniche”, U. BOCCIONI, *Architettura*

- futurista. Manifesto*, in U. Boccioni "Altri inediti e apparati critici", a cura di Z. Birolli, Milano, Feltrinelli, 1972, pp. 37-38.
- (17) S. SANTORO, N. SANTOPUOLI, *La protezione delle aree archeologiche: ricerca e prassi operativa*, in "Arkos" 1/2000, Utet, Torino, 2000, p. 4.
- (18) E. MANZINI, *La materia dell'invenzione*, Arcadia Edizioni, Milano, 1986, p. 163.
- (19) S. SANTORO, N. SANTOPUOLI, *La protezione.. op. cit.*, p. 5.
- (20) Cfr. G. MOTTURA, A. PENNISI, *Progettare sistemi di protezione solare degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 2006, pp. 11-12.
- (21) Ivi, p. 47.
- (22) Cfr. GAIO PLINIO SECONDO, *Storia Naturale, Mineralogia e storia dell'arte (libri 33-37)*, vol. V, Einaudi, Torino 1988, p. 729.
- (23) P. ZENNARO, *Architettura dei materiali*, Edizioni progetto, Padova, 1995, pp. 181-184.
- (24) *Ibidem*.
- (25) M.A. CRIPPA, *Reversibile-Compatibile...*, op. cit., pp. 37-38.
- (26) V. MINUCCIANI, M. LERMA, *Belgio e Lussemburgo: musealizzazioni tra archeologia romana e medievale*, in M.C. Ruggieri Tricoli, "Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico", Edizioni Lybra Immagine, Milano, 2007, p. 192. In particolare nel contributo si riporta che "Belgio ed il Lussemburgo hanno dimostrato particolare sensibilità e diffusa attenzione per questa tematica, tanto che alcuni istituti di questi paesi sono i principali referenti del progetto APPEAR (Accessibility Project Sustainable Preservation and Enhancement of Urban Subsoil Archaeological Remains), programma della Comunità Europea avviato nel gennaio 2003, e volto a conservare, integrare, valorizzare e sfruttare le vestigia archeologiche del sottosuolo urbano, in una prospettiva di sviluppo sostenibile ed al fine di renderle accessibili alla popolazione. Il progetto APPEAR vuole costituire la risposta concreta alle indicazioni generali e di orientamento fornite da molti documenti e convenzioni che incoraggiano la protezione responsabile del patrimonio archeologico, limitandosi però a raccomandare comportamenti, intendendo colmare le lacune finora esistenti con la disposizione di una metodologia e di uno strumento operativo".
- (27) Ivi, pp. 192-196.
- (28) R. M. ZITO, *Austria e Germania: il Limes, le ville romane e l'archeologia urbana*, in M.C. Ruggieri Tricoli, "Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico", Edizioni Lybra Immagine, Milano, 2007, p. 264.
- (29) Ivi, pp. 265-267; ed inoltre: "Un'intelaiatura di sottili profilati (di 40x40 e 60x60 mm di sezione), con un interasse di circa 120 cm, è saldata alla sezione dei tiranti; un'ulteriore trama i cavi, da 10 mm di spessore, divide in triangoli le celle create dall'incrocio dei profili in acciaio, alleggerendo ulteriormente la struttura. Per rispondere elasticamente ai movimenti generati dall'azione del vento, i 1725 vetri del manto di copertura sono stati fissati solamente agli angoli e successivamente siliconati. La superficie vetrata è interrotta alla base dei pilastri in calcestruzzo e in prossimità degli archi centrali, per assicurare la necessaria ventilazione naturale. L'intervento, è stato accolto come un esempio di armonia tra l'antico e il moderno, eccetto che per un aspetto squisitamente museografico, generato dall'eccessiva illuminazione degli interni. Per le caratteristiche climatiche della regione, sembra infatti che l'irraggiamento, prevedibile solamente nella stagione estiva, sia stato ovviato con il trattamento riflettente dei vetri ed un sistema schermante automatico di tende, che scorrono tra l'intelaiatura in acciaio e la superficie vetrata. L'illuminazione indifferenziata, che travolge uniformemente il tutto creando nuovi giochi d'ombre, non è comunque la più indicata, rispetto a quella più autentica dimensione d'interno, che gli ambienti delle terme dovrebbero suggerire".
- (30) E. MANZINI, M. TRIMARCHI, *L'evoluzione dei materiali trasparenti*, in "Modulo" 137/1987, p. 2690.
- (31) Un primo tentativo di musealizzazione in situ realizzata mediante componenti trasparenti in vetro riguarda le mura di Gela in Sicilia. Franco Minissi interviene, chiamato, tra il 1952 e il 1954, a studiare la protezione della cinta del IV sec. a.C. rinvenuta durante gli scavi effettuati tra il 1948 e il 1954 nell'area di Capo Soprano. La parte superiore della struttura, realizzata a sacco con una doppia foderia di mattoni in terra cotta al sole, viene rivestita con un sistema di lastre di cristallo temperato che ricreano la pressione statica della secolare sepoltura di sabbia, onde

- evitare il rischio dell'immediato sgretolamento. Le lastre infrangibili, collegate da parte a parte del muro da tiranti in lega di alluminio inossidabile serrati da apposite borchie a vite, con interfaccia in gomma, ripropongono la lettura dell'antica regolarità della tessitura d'argilla. L'incurvamento delle barre in alluminio sotto il peso del cristallo, la totale assenza di manutenzione e l'effetto serra prodotto dalle lastre trasparenti favoriscono, tra muro e superficie vetrata, un microclima ideale per la proliferazione di piante, imponendo a partire dal 1994 la progressiva rimozione dei pannelli di cristallo. Cfr. B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico. Primi contributi di Franco Minissi*, in "Arkos - Scienza e restauro dell'architettura", n. 12, gennaio/marzo 2006, Nardini Editore, Firenze, p. 21.
- (32) Ivi, p. 20.
- (33) *Ibidem*.
- (34) L. MARINO (a cura di), *Dizionario di restauro archeologico*, Alinea Editrice, Firenze, 2003, p. 12.
- (35) *Ibidem*.
- (36) E. MANZINI, *La materia dell'invenzione*, Arcadia Edizioni, Milano, 1986, p. 165.
- (37) C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, Tecnomedia, Milano, 1995, p. 135.
- (38) E. MANZINI, M. TRIMARCHI, *L'evoluzione dei materiali trasparenti*, in "Modulo" 137/1987, pp. 2690-2693.
- (39) A. PAESANO, *Tecnopolimeri*, in "Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione. Esperienze a confronto", a cura di Umberto Caturano, Franco Angeli, Milano, 1996, p. 81.
- (41) Cfr. studi dell'Istituto Italiano Plastici, redatti in occasione del convegno Le coperture di aree e strutture archeologiche, Bologna, 20 ottobre 2000.
- (42) P. ZERMANI, *Materiali immateriali*, in "Materia - Rivista d'Architettura", n. 8/1991, p. 58.

I materiali di sintesi

Il terzo capitolo è relativo ai materiali di sintesi. Sono state tracciate le tappe fondamentali della comparsa e dello sviluppo delle materie plastiche attraverso una cronologia di base. Viene proposta una sintetica classificazione dei materiali con proprietà di trasparenza e ne vengono illustrate le principali caratteristiche, attraverso un quadro prestazionale di base, derivato principalmente dall'analisi dei prodotti proposti attualmente dal mondo della produzione e da confronti con aziende.

“Più che una sostanza, la plastica è l'idea stessa della sua infinita trasformazione, è, come indica il suo nome volgare, l'ubiquità resa visibile, e proprio in questo, d'altra parte, essa è una materia miracolosa: il miracolo è sempre una conversione brusca della natura. La plastica resta tutta impregnata di questa scossa: più che oggetto essa è traccia di un movimento.”

R. Barthes, *Mithologies*, Parigi 1957

- 3.1 Introduzione metodologica
- 3.2 Le materie plastiche: origini ed evoluzione in una cronologia di sintesi
 - 3.2.1 Quadro sinottico
- 3.3 Le materie plastiche: definizioni e classificazioni
- 3.4 Classificazione delle materie di sintesi trasparenti
- 3.5 Proprietà chimico-fisiche, meccaniche e prestazionali delle materie plastiche trasparenti
 - 3.5.1 Il polimetilmetacrilato (PMMA)
 - 3.5.2 Il policarbonato (PC)
 - 3.5.3 Il polivinilcloruro (PVC)
- 3.6 L'evoluzione delle applicazioni negli interventi di protezione e restauro
- 3.7 Panorama dei materiali plastici attualmente utilizzati a fini conservativi

3.1 Introduzione metodologica

Il mondo della produzione e della distribuzione dei materiali plastici è estremamente vasto e articolato, ed essi sono impiegati, in modo trasversale, in moltissimi settori, applicazioni, attività industriali, produttive e nei beni di largo consumo. È altresì vero che l'ambito della ricerca risulta molto circoscritto, e questo da un lato ha consentito di ridurre l'ampiezza della fase di definizione di una sorta di stato dell'arte del mondo della produzione, ma dall'altro ha portato alla constatazione circa la relativa scarsità di dati utili allo scopo. Attualmente esistono molteplici materiali, produttori e fornitori, di cui sono disponibili schede tecniche come ugualmente compaiono differenti trattazioni che, senza spingersi nell'ambito strettamente chimico del comportamento della materia, forniscono dati utili allo scopo di tracciare un panorama sintetico ma utile e preciso nel definire passaggi tecnologici salienti nell'evoluzione delle prestazioni che i materiali trasparenti prodotti sinteticamente hanno mano a mano raggiunto.

Alcune constatazioni, pur basandosi sulle più recenti e aggiornate fonti bibliografiche in materia, sono da considerarsi indicative, soprattutto se confrontate con i dati tecnici che vengono riportati nelle schede prodotte fornite dalle singole aziende. Tabelle riassuntive delle principali caratteristiche dei materiali qui trattati, accompagnate dalla citazione delle diverse fonti cui si fa riferimento, vengono relazionate e, proprio perché consentono di riscontrare alcune differenze, servono a caratterizzare alcuni *range* comportamentali utilmente indicativi, anche se i materiali e i componenti sono soggetti a una continua evoluzione e ad aggiornamenti tecnologici. Non si ritiene quindi di aver trattato l'argomento in modo esaustivo di per se stesso, ma si intende tracciare un quadro utile non in una logica di repertorio ma di scelta di metodo nel sintetizzare le caratteristiche principali della trasparenza *di sintesi*, oltre che nel valutare la globalità prestazionale piuttosto che pretendendo una completezza destinata a breve durata.

Il significato della trasparenza nelle *possibilità plastiche* costituisce un importante *ingrediente* per ogni precisa scelta se messo a confronto con la materia antica e non solo in termini prestazionali (trasmissione della luce, diffusione della luce, necessità di visibilità del bene monumentale, ecc.) ma anche per gli aspetti *immateriali*.

Una cronologia di sintesi in forma di quadro sinottico integra la trattazione della parte dedicata ai materiali di sintesi del paragrafo 3.2; oltre ad un breve percorso nella *storia delle plastiche*, si è scelto di riportare le date principali per la *scoperta* e per la comparsa sul mercato dei materiali di sintesi. Per rendere comprensibile il percorso critico che si intende proporre vengono correlate a queste date salienti per le materie plastiche le date ritenute fondamentali in termini di utilizzo dei materiali di sintesi trasparenti in progetti di restauro e le date delle principali Carte del Restauro.

3.2 Le materie plastiche: cenni storici, origini ed evoluzione

La trattazione delle materie di sintesi non può essere affrontata senza aver tracciato una evoluzione storica, anche se breve e sintetica, e senza aver indagato l'atteggiamento di *recepimento* che, nell'arco del Novecento, ha accolto le numerose scoperte legate ai polimeri. "Una così rapida evoluzione tecnologica, e quindi culturale, non può essere *fotografata* in termini puramente scientifici ma deve essere necessariamente inquadrata in un divenire storico-tecnologico"¹.

Pur esistendo in natura molteplici esempi di materiali di tipo polimerico (come ad esempio l'ambra), il reale sviluppo nella realizzazione dei prodotti di sintesi comincia a metà del XIX secolo con la trasformazione chimica di materie prime organiche di origine naturale².

Quindi, anche se parlando di materie plastiche ci si riferisce oggi a quei materiali sintetici, detti "polimerici", prodotti a partire soprattutto dal petrolio, che associano prestazioni innovative a un'immagine decisamente moderna, le sostanze "plastiche" sono in realtà materiali *antichi* (esse percorrono con continuità la storia che va dall'argilla in poi). Riferendosi al termine "plastica", nell'accezione "polimerica", si attua una contrazione storica dell'analisi e ci si riferisce sia alle invenzioni inerenti alla possibilità di modificare alcuni *polimeri naturali* presenti nell'ambiente (dal XVIII secolo), da cui si ottennero *polimeri artificiali* o *semisintetici*, sia a quelle scoperte che consentirono di sinterizzarne altri a partire dagli idrocarburi (dagli anni Trenta del secolo scorso), realizzando polimeri sintetici. La storia moderna dei materiali polimerici si evolve sul finire del XVIII secolo quando, per l'impulso della Rivoluzione industriale, si iniziarono a impiegare sistematicamente sostanze plastiche per produrre manufatti o parti di essi³. Fino alla fine del XIX secolo la produzione di questi prodotti plastici veniva effettuata con materie prime rinnovabili⁴. "Nel 1840 Parkes, considerato il fondatore della moderna industria delle materie plastiche, scoprì il primo materiale semisintetico (la nitrocellulosa o Parkesina) lavorando su alcune sostanze tra cui la cellulosa, da cui venne più tardi prodotta la termoplastica celluloide (nitrate di cellulosa), invenzione dei fratelli Hyatt del 1868. Fu forse proprio la celluloide ad avviare la rivoluzione culturale dei materiali moderni. Infine, a conclusione del periodo storico della plastica artificiale, nel 1897, in Germania, venne prodotta, a partire dalla caseina, la Galalite (sillogismo da "latte" e "pietra"), sostanza termoindurente e termoformabile"⁵.

L'evoluzione delle materie plastiche crebbe rapidamente a seguito dei progressi della chimica della prima metà del XX secolo, avviando la produzione dei polimeri sintetici, che rappresentano, allo stato attuale, la quasi totalità della produzione di materie plastiche. La ricerca sui polimeri sintetici può essere fatta risalire al 1838, anno in cui Regnault scoprì la polimerizzazione del cloruro di vinile ottenendone una polvere polimerica, ma è solo nel 1909 che il chimico belga Baekeland produce

la Bakelite (resina fenolica) (6), primo polimero sintetico rigido, dando così origine alla produzione dei termoindurenti sintetici. “È sintomatico che il termine Bakelite sia stato per molto tempo sinonimo di *plastica*. Con la Bakelite si produceva, nel periodo tra le due guerre, di tutto, e certamente la Bakelite ha fortemente influito sul tramonto di alcuni materiali tradizionali come il legno laccato, la porcellana, il vetro opaco, l’avorio”⁷.

L’affermazione industriale dei termoplastici avviene solo negli anni Trenta con le prime produzioni (PVC e polietilene). Nel Secondo Dopoguerra la produzione dei materiali polimerici raggiunse il 30% di tasso di crescita diventando competitivo rispetto a quello dei materiali tradizionali; a cavallo di quegli anni si compirono le principali scoperte sui polimeri che portarono alla formulazione di molti polimeri tra i quali il polivinilcloruro nel 1930, il polietilene nel 1935, il polimetilmetacrilato in lastra nel 1936, le resine epossidiche nel 1939, il PTFE dal 1941 al 1943 ed altri fino ai policarbonati nel 1956⁸.

È negli anni Sessanta che i materiali polimerici si affermano economicamente: il *boom* economico favorisce un impiego vasto ma indiscriminato; questo periodo riduce la plastica al ruolo di materiale povero: “l’aggettivo dequalificante di *plastica* nasce in quegli anni e ancor oggi ne percepiamo gli effetti”⁹. Negli anni Settanta il periodo di crisi porta a ridimensionare molto il settore produttivo. L’emergenza di quegli anni promuove i materiali polimerici a impieghi maggiormente qualitativi essendosi ridotto il mercato per quei prodotti derivanti dal basso prezzo della materia prima: le vere qualità delle sostanze plastiche emergono e l’opinione dei consumatori inizia a mutare: si percepiscono le peculiarità prima ignorate assieme al reale *antagonismo* con i materiali *tradizionali*. Negli anni Ottanta, a seguito dei tecnopolimeri, si affermano i cosiddetti *materiali avanzati*, che sono soprattutto i materiali compositi polimerici, ma lo sviluppo di questo comparto rimane limitato a mercati di nicchia.

Negli anni Cinquanta i polimeri erano utilizzati per impieghi poco nobili, fatte le dovute eccezioni, e spesso per riprodurre, secondo la logica della surrogazione, materiali tradizionali e, sebbene potessero essere accettati nei manufatti d’uso industriale, varcare la soglia dell’abitazione significava minacciare la sacralità domestica¹⁰.

Nel 1938 i fratelli Guzzini diedero inizio alla trasformazione, per termoformatura, del polimetilmetacrilato in lastra, più noto come plexiglass, e seppero da subito sfruttarne le peculiarità, specialmente la caratteristica di trasparenza. Dagli anni Cinquanta, sia la disponibilità del polimetilmetacrilato in granuli, che consentì di sottoporlo al processo di iniezione, sia l’impulso derivato dall’invenzione di una nuova tipologia di lastre accoppiate e l’impiego di nuovi materiali consolidarono l’impiego delle plastiche, come materiali pregiati, in diversi settori¹¹. Dal Secondo Dopoguerra anche nell’industria la rivoluzione sostitutiva

del metallo e in parte del vetro con i nuovi materiali era iniziata. Negli anni Cinquanta e Sessanta l’affermazione dei nuovi materiali fu sancita dalle esposizioni internazionali, ridestando l’interesse dei progettisti e del mondo imprenditoriale¹².

Dopo gli anni Settanta, che hanno costituito un filtro alle applicazioni indiscriminate dei materiali a base polimerica, la plastica, “il primo materiale per l’architettura non preso di sana pianta dalla natura ma elaborato dall’uomo”, per citare una definizione di Giò Ponti¹³, è diventata patrimonio di tutti coloro, progettisti e imprenditori, che hanno saputo valorizzarla. Da materiali alternativi i materiali polimerici sono diventati materiali ordinari, fatta eccezione per i tecnopolimeri e i materiali compositi a matrice polimerica la cui affermazione non si era ancora completamente compiuta.

Negli anni Novanta la questione ambientale porta alla mostra “Neolite”, neologismo sillogico (da “neo” e “lite”: “nuova pietra” che ricorda, nel panorama evolutivo delle sostanze plastiche, l’analogo “Galalite”) riferito a un materiale eterogeneo e ricavato dal riciclaggio di materiali polimerici di scarto, prestazionalmente povero ma con una propria identità e dignità¹⁴.

Al di là della problematica ambientale (il termine plastica era sinonimo di *inquinante*) dalla seconda metà degli anni Novanta l’immagine della plastica cambia, entrano in contatto con la nostra quotidianità.

“Nonostante vi sia un atteggiamento giustamente critico, ma piuttosto ingenuo nei confronti dei materiali sintetici in genere, la plastica ha ancora molte cose da dire. Se nel passato il suo linguaggio è stato giustamente ricercato soprattutto nella sua specificità, la plasticità appunto, forse oggi la sintassi dovrebbe fare maggiormente uso della semantica che le numerosissime tecnologie trasformatrici mettono a disposizione. Per quanto concerne i materiali, le circa diecimila formulazioni brevettate sono certamente una sufficiente tavolozza a cui attingere”¹⁵.

3.2.1 Quadro sinottico

Si riporta una cronologia di sintesi che punta l’attenzione sulla materia e sulle scoperte scientifiche e tecnologiche che hanno permesso alla plastica di articolarsi in una molteplicità di aspetti e di opportunità prestazionali¹⁶. Dalla cronologia sono state escluse le date salienti riguardo alle “gomme” e quelle relative alla storia del design, non essendo oggetto della ricerca. La cronologia di sintesi è presentata in forma di quadro sinottico: alle date salienti relative alle scoperte e agli eventi che hanno segnato la storia delle materie plastiche vengono incrociate le date di progetti di protezione e restauro in cui sono state utilizzate le materie plastiche trasparenti¹⁷.

Plastica	Plastica (trasparenza)	Restauro
1838 - 1868 Regnault scopre la polimerizzazione del cloruro di vinile senza però ottenerne un materiale Parkes scopre il primo materiale semisintetico ("Parkesina") Invenzione della "Celluloide" (nitrato di cellulosa) da parte dei fratelli Hyatt		
1872 In Italia viene fondata la Pirelli		
		1883 Prima carta del restauro italiana
1897 - 1909 In Germania Spitteler inventa e brevetta la "Galalite" Negli USA Baekeland inventa la "Bakelite" (resina fenolica)		
1922 Gli studi di Staudinger sugli elastomeri sintetici rivelano la natura polimerica delle sostanze plastiche		
		1931 Deliberazione della conferenza internazionale per la conservazione dei monumenti di arte e storia, detta "Carta di Atene"
		1932 La carta italiana del restauro
	1936 Introduzione del polimetilmetacrilato (PMMA) in lastra	
1937 - 1941 Introduzione dei poliuretani espansi rigidi Introduzione delle poliammidi per fibre ("Nylon")		
1939 Introduzione delle resine epossidiche		
1941 - 1943 Introduzione del PTFE		
1942 Introduzione dei poliesteri insaturi per compositi	1942 Introduzione definitiva del polistirene	
1948 Introduzione del polistirene antiurto		
1950-1959 Periodo del "pionierismo industriale": i "nuovi materiali" subiscono l'identità dei "materiali tradizionali" che sovente vengono imitati. Inizia a essere prodotto e distribuito il polimetilmetacrilato in granuli che viene ora impiegato anche nelle tecnologie di iniezione.		
1950 Introduzione dell'ABS		

1953 Presso la Fiera Campionaria di Milano ha luogo la manifestazione "L'Era delle Materie Plastiche";		
1954 - 1959 Introduzione del polipropilene (polipropilene isotattico) grazie anche agli studi di Natta		
	1956 Introduzione del policarbonato (PC)	
1957 Presso la Fiera Campionaria di Milano ha luogo la "Mostra Internazionale per l'Estetica delle Materie Plastiche"		1957-1963 Franco Minissi progetta le coperture della Villa Romana del Casale a Piazza Armerina, Enna, utilizzando il perspex trasparente e grigio fumo
1960-1969 "periodo dell'entusiasmo produttivo", spesso con risultati scadenti dovuto all'uso improprio dei nuovi materiali: l'immagine della "plastica" subisce gravi danni		1960-1963 Franco Minissi esegue la protezione del teatro greco di Eraclea Minoa, presso Agrigento, in perspex
1963 Natta vince il premio Nobel per la chimica in merito agli studi condotti sulla configurazione isotattica delle catene polimeriche. Introduzione dei primi elastomeri termoplastici		
		1960-1964 Franco Minissi esegue l'intervento di integrazione della chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo, Trapani, in perspex traslucido su struttura metallica
		1964 Carta internazionale per la conservazione e il restauro dei monumenti e dei siti, detta "Carta di Venezia"
1968 La II Edizione di "Eurodomus" viene dedicata alle materie plastiche		
1970-1979 "Periodo dell'assestamento produttivo": l'elevato costo delle materie prime conduce al ripensamento dei prodotti in funzione dei materiali polimerici di cui ora emergono le migliori caratteristiche.		
1972 Al Museum of Modern Art di New York si tiene la mostra "Italy: the New Domestic Landscape"		1972 Carta italiana del restauro
1973 La "crisi del petrolio" condiziona pesantemente il comparto produttivo delle sostanze plastiche ("austerità")		
1975 Il Centrokappa promuove l'esposizione "la sedia in Materiale Plastico"	La Fratelli Guzzini progetta e produce la più grande cupola di copertura al mondo in polimetilmetacrilato	1975 Carta europea del patrimonio architettonico Dichiarazione di Amsterdam

	1979 La Fratelli Guzzini inventa il globo in "plastica" per l'illuminazione di esterni (policarbonato, iniezione-soffiatura)	
1980-1989 "Periodo dei materiali avanzati": "tecnopolimeri" e "materiali compositi a matrice polimerica"; grandi speranze deluse degli elevati costi produttivi.		
1990-1999 "Periodo della consapevolezza ambientale"		
1991 Presso la Triennale di Milano ha luogo la mostra "Neolite", promossa da Assoplast e Domus Academy.		1991 Criteri e metodi per il restauro architettonico
		1992 Convenzione europea del patrimonio archeologico
		1997 Raccomandazioni del Consiglio d'Europa per la manutenzione e la protezione del patrimonio storico dai fattori di degrado
		2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio

3.3 Le materie plastiche: definizioni e classificazioni

Il campo delle materie plastiche è ampio, complesso e in continua evoluzione secondo diverse linee di sviluppo e in svariati e specifici settori. Le materie plastiche sono realizzate in una vasta gamma di tipi, come nessun altro materiale, e le loro caratteristiche coprono un campo molto esteso (tanto da essere state definite, all'inizio del loro sviluppo, *materiali su misura*); sono materiali che presentano un comportamento notevolmente complesso, sia in base alla loro struttura chimica e morfologica sia per la loro ampiezza di variazioni in termini di composizione e di possibilità di variare il materiale di base¹⁸, per la miscelazione, la lavorazione, il trattamento e le tecnologie di trasformazione.

Elencare o definire le materie plastiche e le loro caratteristiche, oltre che superfluo, sarebbe impossibile, data la quantità di materiali prodotti e commercializzati. Si riportano in sintesi solamente le principali definizioni, le classificazioni e le caratteristiche utili a fare ordine e chiarezza nel definire il campo circoscritto della ricerca, ovvero i materiali di sintesi trasparenti, le loro proprietà e caratteristiche e le loro possibilità prestazionali se utilizzate a fini conservativi per l'architettura storica.

Il primo passo nel *definire* le materie plastiche riguarda la nomenclatura: mentre la regola vigente nell'industria consiste nel suddividere

le materie plastiche in famiglie chimiche e di identificarle in base alla sigla della famiglia di assegnazione, nel mondo della produzione il criterio identificativo è il nome commerciale, anche se di fatto i prodotti commercializzati di materie plastiche appartenenti alla stessa famiglia presentano caratteristiche molto diverse fra loro¹⁹. La denominazione delle materie plastiche è peraltro regolata da molteplici norme nazionali e internazionali che non permettono una classificazione certa²⁰.

In molti testi la classificazione in base alla denominazione non è uniforme e ai termini "materie plastiche" e "polimeri" viene assegnato lo stesso significato; in realtà, mentre il termine polimeri si riferisce ai gruppi di tutti i materiali costituiti da macromolecole, il termine materie plastiche estrapola da questo gruppo solo le sostanze che sono state sintetizzate chimicamente e che trovano impiego come materiali; per utilizzare un materiale polimerico come "materiale", il polimero deve essere miscelato con altre sostanze²¹. È del resto prassi comune raggruppare sotto il nome di materie plastiche sostanze organiche, ottenute tramite procedimenti di tipo artificiale, la cui caratteristica è quella di essere costituite da molecole di grande dimensione, macromolecole o polimeri; una definizione ricorrente delle materie plastiche è quella di elastomeri, ovvero polimeri plastici²².

Una prima classificazione generale dei polimeri può essere quella tra polimeri di origine naturale (vegetale e animale) che si trovano in natura; termoplastici artificiali, che vedono la modificazione chimica di sostanze naturali, termoplastici di sintesi che si ottengono per sintesi chimica e costituiscono il mondo delle materie plastiche²³. I termoplastici di sintesi, a loro volta, sono soggetti a diverse classificazioni:

- per procedimento di sintesi,
- per caratteristiche chimiche,
- per morfologia,
- per comportamento.

La classificazione che divide le materie plastiche a seconda del procedimento di sintesi distingue tre procedimenti, che, attraverso una reazione chimica, legano i monomeri a formare macromolecole a forma di catena, ramificate o reticolate:

- la polimerizzazione,
- la policondensazione,
- la poliaddizione²⁴.

Indipendentemente dal processo di sintesi le materie plastiche si suddividono in tre gruppi per le caratteristiche fisiche, ovvero secondo la struttura delle singole macromolecole e la possibile disposizione in strutture polimeriche. Il criterio su cui si basa questa classificazione è il grado di reticolazione delle macromolecole, che influenza le proprietà fondamentali della plastica. Le proprietà fisiche distinguono i polimeri in:

- termoplastici,

- termoindurenti,
- elastomeri o gomme²⁵.

Si riportano solo le caratteristiche dei polimeri termoplastici, in cui rientrano i materiali di sintesi di seguito approfonditi.

Si definisce *termoplastico* un polimero che, per trattamento termico o per azione di solventi, fonde o diventa fluido per poi tornare normalmente solido quando si sottrae calore o si interrompe l'azione dei solventi; questo processo è reversibile grazie alla struttura macromolecolare che consente alle catene di svincolarsi tra loro²⁶. Tale caratteristica riveste notevole importanza nel ciclo produttivo poiché rende possibile la produzione di semilavorati molto adatti alla flessibilizzazione della produzione²⁷. Le macromolecole dei polimeri termoplastici amorfi, ad esempio il polimetilmetacrilato (PMMA), sono composte da catene di molecole lineari intrecciate, ma senza creare alcun legame chimico. I polimeri termoplastici amorfi sono trasparenti e a temperatura ambiente duri e fragili. Innalzandosi il grado di cristallizzazione diminuisce la trasparenza. Con l'aumento della temperatura la forza di questi legami diminuisce mentre aumenta la mobilità delle singole catene, tanto che i polimeri termoplastici passano senza soluzione di continuità da duri a termoelastici a termoplastici. Il processo (ad esempio fusione) è reversibile e può essere ottenuto anche con solventi specifici. Questa caratteristica dei polimeri termoplastici consente numerosi procedimenti di deformazione, lavorazione e riutilizzo²⁸.

Si traslascia la classificazione tra materiali monomaterici, stratificati e a matrice, poiché i materiali trattati nello specifico ricadono nei monomaterici e si ricorda che frequentemente nella nomenclatura ricorre il termine di "tecnopolimeri" per definire quelle materie plastiche ad alte prestazioni che possono sostituire, per certe applicazioni, i materiali *tradizionali*, sfruttando le elevate proprietà meccaniche²⁹.

Il settore delle lavorazioni delle materie plastiche comprende tutti i processi di formatura. Le tecnologie di produzione si possono suddividere, in generale, in:

- formatura primaria (il manufatto o il semilavorato viene formato dalla materia prima con l'aiuto di stampi);
- formatura secondaria (un semilavorato viene trasformato in una nuova forma mediante l'azione di calore e/o di una forza);
- post-lavorazione (un semilavorato viene trasformato in una nuova forma mediante asportazione di materiale).

Per quanto riguarda le tecnologie di trasformazione, ci si limita ad evidenziare che l'orientamento più recente³⁰ è quello volto a sviluppare impianti sempre più complessi e tecnologie per la formatura di manufatti composti da diverse materie plastiche, affinché la progettazione e la costruzione delle apparecchiature di produzione soddisfino le specifiche richieste dallo sviluppo dei manufatti, trovando spesso nella lavorazione delle materie plastiche apparecchiature di produzione costruite

su misura per uno speciale manufatto o per un semilavorato oppure per un gruppo speciale di prodotti³¹.

3.4 Classificazione delle materie di sintesi trasparenti

Una delle caratteristiche delle resine termoplastiche amorfe ed anche di numerose termoindurenti non caricate è quella di poter riprodurre la trasparenza. Le plastiche ampliano dunque il campo del *fare trasparente* con tutte le possibilità consentite dalla loro straordinaria lavorabilità: trasparente può ora essere anche un complesso oggetto tridimensionale, un elemento variamente curvato, un componente flessibile, ecc. La trasparenza dei materiali polimerici non è sempre comparabile con quella del vetro soprattutto in termini di durata; infatti molte plastiche non sono perfettamente limpide, altre ingialliscono per effetto dei raggi ultravioletti e tutte, più o meno, sono soggette a graffi e scalfitture a causa della loro relativa durezza superficiale.

Tuttavia alcuni polimeri si discostano decisamente da questo quadro di trasparenza degradabile, offrendo prestazioni che li pongono in competizione diretta col vetro anche quando le proprietà richieste sono più elevate, come ad esempio, nella produzione di lenti ottiche, di vetri per automobili o per l'edilizia ed addirittura per prestazioni aerospaziali³². Tre sono i polimeri che si sono imposti per la caratteristica della trasparenza:

- il polimetilmetacrilato
- il policarbonato
- il polivinilcloruro³³.

La trasparenza e le capacità meccaniche di quest'ultimo sono inferiori a quelle dei primi due ma l'enorme diffusione commerciale e il conseguente costo decisamente inferiore hanno rilanciato studi relativi a questo polimero.

Sono trasparenti anche il polistirene (PS), il polietilene (PE), il polietilentereftalato (PET), molti tipi di metacrilati e altri polimeri.

Ad di là delle prestazioni in senso assoluto, uno dei segmenti di innovazione per il futuro dei polimeri risiede nelle caratteristiche intrinseche che permettono una facilità di lavorazione assolutamente incomparabile con quella del vetro.

3.5 Proprietà chimico-fisiche, meccaniche e prestazionali delle materie plastiche trasparenti

In questo paragrafo vengono trattati in forma sintetica le proprietà e le prestazioni delle principali materie plastiche trasparenti, rimandando ai sottoparagrafi seguenti una trattazione più estesa delle materie che trovano un maggior riscontro nell'ambito della ricerca.

Materiale	Trasparenza alla luce	Indice di rifrazione (n_D a 20 °C)	Modulo E (MPa)	Sollecitazione a trazione (MPa)	Densità (g/cm ³)
Vetri "crown"	trasparente come vetro	1,4-1,6			
Vetri "flint"	trasparente come vetro	1,53-1,59			
Acqua	trasparente come vetro	1,33			
PE	da trasparente a opaco	1,51	200-1400	8-30	0,915-0,96
PS	trasparente come vetro	1,58-1,59	3100-3300	42-65	1,05
ABS	da trasparente a opaco	1,52	220-3000	45-65	1,03-1,07
PVC-U	da trasparente come vetro a opaco	1,52-1,54	2900-3000		1,37
PVC-HI	da trasparente come vetro a opaco		2300-3000	40-55	1,36
PMMA	trasparente come vetro	1,49	3100-3300	62-75	1,18
PMMA-HI	trasparente come vetro		600-2400	20-60	1,12-1,17
PC	trasparente come vetro	1,58-1,59	2400	55-65	1,2
PET-A	da trasparente come vetro a opaco	1,57	2100-2400	55	1,34
PET	da trasparente a opaco		2800-3000	60-80	
UP	trasparente come vetro	1,54-1,58			

Tabella: Caratteristiche delle materie plastiche trasparenti³⁴

Nota:

l'indice di rifrazione dipende dalla lunghezza d'onda della luce: in questo caso è definito dalla grandezza n_D che è la curva-D-sodio alla lunghezza d'onda di 589 nm; il vetro "crown" è un tipo di vetro ottico utilizzato per componenti ottici di precisione come telescopi e obiettivi per macchine fotografiche o cineprese; è prodotto da silicati di calcio-alcali (RCH) contenenti circa il 10% di ossido di potassio; il vetro "flint" è un tipo di vetro ottico utilizzato per prismi e lenti acromatiche, che ricorda per qualità e lucentezza il diamante.

Le materie plastiche trasparenti più usate sono³⁵:

Polimetilmetacrilato (PMMA)

Il suo nome comune (vetro acrilico) si riferisce alle ottime proprietà ottiche e all'elevata resistenza ai graffi. I campi di applicazioni di questi prodotti si sovrappongono a quelli del vetro. Nel montaggio si deve considerare l'elevato coefficiente di dilatazione termica della plastica, e la progettazione deve tenere conto delle variazioni di lunghezza in assenza di costrizioni. È il materiale termoplastico più simile al vetro per trasparenza, durezza superficiale e resistenza nel tempo anche negli usi in ambiente esterno (sotto l'azione dei raggi ultravioletti). In comune con il vetro ha anche una certa fragilità (inferiore a quella del vetro, ma superiore a quella di altri materiali plastici). Per migliorarne la tenacità è stata messa a punto una formulazione antiurto (HIPMMA) in cui al polimero di base è mescolata una gomma acrilica innestata con metacrilato. Questo secondo componente, di uguale indice di rifrazione³⁶, aumenta la capacità di assorbire energia meccanica senza ridurre la trasparenza, sia pure a prezzo di una diminuzione della durezza superficiale. Viene prodotto in lastre estruse di varia sezione, che in certi casi possono essere successivamente termoformate. Quando le lastre devono pos-

sedere buone qualità ottiche vengono prodotte per colata: l'estrusione genera infatti superfici che possono presentare effetti di distorsione ottica. Solo recentemente sono state messe a punto tecnologie di estrusione che risolvono questo problema (lastre di questo tipo vengono ad esempio utilizzate per le vetrate dei mezzi di trasporto pubblici). Le lastre possono essere ulteriormente qualificate con l'aggiunta di film riflettenti (per l'edilizia) o antiriflesso (per strumentazione). Le lastre colate possono essere successivamente stirate (biorientate) per aumentarne le proprietà meccaniche. Come tutti i termoplastici il PMMA può essere fornito in granuli trasformato per stampaggio; tecnologia con cui si ottengono oggetti tridimensionali trasparenti.

Strutturazione chimica: poliaddizione del metilmetacrilato attraverso tre processi: in sospensione, per l'ottenimento di "masse da stampaggio"; in massa per l'ottenimento di semilavorati come lastre, profilati e tubi che conservino le migliori caratteristiche ottiche; in emulsione per il polimetilmetacrilato antiurto.

Caratteristiche: amorfo e difficilmente cristallizzabile, ottime caratteristiche ottiche (superiori rispetto ai comuni vetri inorganici, trasparenza in genere pari al 92%), stabile all'ossigeno e all'irraggiamento UV, buona resistenza chimica e all'acqua, temperatura di transizione vetrosa relativamente bassa con stato visco-elastico esteso (termoformabilità), memoria elastica (instabilità dimensionale), elevate caratteristiche meccaniche.

Trasformazione: estrusione di lastre e profilati, termoformatura, colata, stampaggio a iniezione.

Policarbonato (PC)

Ha una trasparenza lievemente inferiore a quella del PMMA e, se non è protetto, tende a ingiallire per azione dei raggi ultravioletti; in compenso è molto tenace. Come il PMMA può essere prodotto in lastre estruse di varia sezione o stampato con i tradizionali processi. È il materiale trasparente più utilizzato in applicazioni tecniche che richiedono resistenza meccanica.

Strutturazione chimica: policondensazione; polietere dalla reazione tra bisfenolo A e difenilcarbonato.

Caratteristiche: elastico, antiurto (da - 90 °C), ottima precisione di stampaggio a causa del basso ritiro, legabile ad ABS, rinforzabile con fibra di vetro. Trasparente con elevate proprietà ottiche.

Trasformazione: estrusione, stampaggio a iniezione, stampaggio per soffiatura.

Polistirolo o Polistirene (PS)

Ha buone proprietà di trasparenza, e un costo contenuto. Nella formulazione standard è piuttosto fragile, ma attualmente sono disponibili anche tipi antiurto trasparenti. Viene usato per bicchieri, prodotti usa e getta, giocattoli e anche per produrre lenti se ci sono problemi di contenimento dei costi. Il polistirene è trasparente con un'elevata brillantezza superficiale e relativamente fragile. Solo se associato a stabilizzatori per i raggi UV mostra una resistenza elevata. Collanti con solventi consentono di realizzare ottime correlazioni corrodendone la superficie.

Strutturazione chimica: poliaddizione dello stirene (o stirolo); polimerizzazione dello stirene con opportuni catalizzatori che consentono di ottenere anche strutture polimeriche regolari e quindi elevata cristallinità.

Caratteristiche: permeabile ai gas e ai vapori, bassa resistenza chimica, fragile, elevatissima resistività, invecchia velocemente in esterno (radiazioni UV ossidative) per la presenza dei gruppi benzenici fortemente reattivi, alto modulo elastico, basso allungamento a rottura, duro, facilmente lavorabile perché amorfo. La sua superficie attrae fortemente la polvere a causa dell'alta resistività. È trasparente perché amorfo ma può essere pigmentato diventando opaco; sbianca se piegato per fenomeni di cristallizzazione.

Trasformazione: termoformatura, stampaggio a iniezione, stampaggio di espansi.

Polivinilcloruro (PVC)

Ha qualità di trasparenza e meccaniche inferiori a quelle dei materiali precedenti, ma anche un costo assai inferiore. È quindi il polimero più usato quando non sono richieste prestazioni particolarmente elevate (ad esempio negli imballaggi più correnti). Le eccellenti proprietà del PVC in termini di resistenza chimica, resistenza meccanica, possibilità di lavorazione, flessibilità e resistenza agli urti ne consentono l'impiego in molti settori. Il PVC rigido (PVC-U) è duro e fragile. Solo con l'aggiunta di elasticizzanti è possibile modificarlo in PVC flessibile (PVC-P). Il PVC può essere trasparente, trasparente colorato oppure opaco.

Strutturazione chimica: poliaddizione del cloruro di vinile.

Caratteristiche: peso specifico relativamente alto (1,3 Kg/dmc), duro e rigido, resistente all'acqua come il polietilene, attaccabile dai solventi organici, autoestingente (a causa dell'atomo di cloro nella catena), scarsa stabilità termica (degrada nella trasformazione), elevata corrosività. Pericoloso per l'uomo e per l'ambiente. È trasparente (amorfo al 60%) se non pigmentato.

Trasformazione: estrusione, calandratura, stampaggio per soffiatura, stampaggio a iniezione, estrusione di lastre espanse.

Polietilene (PE)

Esclusivamente composto da idrocarburi, in funzione della sua densità si distingue tra PE-HD (elevata densità) PE-LD (bassa densità). Il PE è una plastica preziosa e facile da lavorare. Il grado di cristallizzazione e di polimerizzazione (da rigido a morbido) ne influenzano l'impiego. Il PE si presenta come un foglio sottile quasi trasparente, oppure lattiginoso. Può essere colorato in tutte le tonalità e si può unire molto bene attraverso la saldatura.

Polietilentereftalato (PET)

Strutturazione chimica: derivato da policondensazione ("poliesterificazione") tra glicol etilico e acido tereftalico oppure con il suo estere metilico.

Caratteristiche: lunga catena molecolare cristallizzabile per stiro, elevata tenacità, alta rigidità dielettrica. Buona trasparenza.

Trasformazione: produzione di fibre, estrusione di film soffiati, stampaggio per soffiatura.

Cellulosiche (Acetato di cellulosa, CA; Acetato butirato di cellulosa, CAB)

Hanno buone proprietà ottiche e meccaniche. Il loro uso limitato è dovuto al prezzo

relativamente alto, e si concentra nelle applicazioni in cui è importante la loro gradevolezza al tatto (ad esempio montature per occhiali).

Polimeri contenenti fluoro (PTFE/ETFE)

I polimeri contenenti fluoro possiedono una resistenza chimica molto elevata. Sono resistenti alla luce senza una necessità di protezione UV, difficilmente impregnabili, quasi autopulenti, molto resistenti agli sbalzi termici e incombustibili. Le strutture pneumatiche e traslucide sono spesso composte da pellicole di ETFE.

Oltre a quelli citati vi sono poi materiali di consumo più ristretto destinati a specifici campi applicativi: ad esempio lo stirolo-acrilonitrile (SAN), resistente all'aggressione chimica, e usato negli elettrodomestici; il poli-diallil-diglicol-carbonato (noto come CR-39), un termoindurente che ha come unica ma importante applicazione la produzione di lenti da occhiali, dove sfrutta le sue eccezionali doti di resistenza agli urti e alle abrasioni. Tra le plastiche "bio", il PLA è trasparente e le sue caratteristiche e gli impieghi possibili sono sovrapponibili a quelli dei tradizionali polimeri termoplastici³⁷.

Tabella: Comparazione delle materie plastiche trasparenti con il vetro³⁸:

Caratteristica	Metodo di prova ASTM*	Unità di misura	Vetro	PMMA	PC	PVC
Peso specifico	D 792	g/cm ³	2,50	1,18	1,20	1,40
Modulo elastico a flessione	D 790	MPa	70.000	3.300	2.300	3.200
Durezza Rockwell	D 785	M	-	95	70	70
Resistenza all'urto Charpy con intaglio	D 256	KJ/mq	si rompe	1,4	40-70	7,0
Trasmissione luminosa	D 1003	%	91	92	86	55-80
Temperatura Vicat di rammollimento	DIN 53460 B	°C	-	110	145	77
Dilatazione termica	D 696	10 ⁻⁶ /°C	9	70	65	70
Conducibilità termica	C 177	W/m °C	1,16	0,19	0,20	0,17
Resistenza al graffio Haze	D 673	%	-	10	22	-

(*) ASTM (America Society for Testing and Materials)

3.5.1 Il polimetilmetacrilato (PMMA)

È il polimero termoplastico che più si avvicina al vetro per trasparenza, durezza superficiale e resistenza nel tempo.

Le sue caratteristiche, infatti, rimangono invariate anche se usato in ambiente esterno grazie alla sua eccezionale stabilità ai raggi ultravioletti e agli agenti atmosferici. Ottimi sono anche i suoi requisiti di trasparenza ottica; consente infatti una trasmissione della luce visibile del 92% che è il dato più elevato fra quelli di tutte le altre materie plastiche

ed è superiore anche a quello dei comuni vetri.

Particolarmente interessante è la quasi totale opacità del materiale per le lunghezze d'onda ultraviolette (0-350 nm); lievemente inferiore è il filtro selettivo ai raggi infrarossi, dove abbiamo l'infiltrazione delle lunghezze d'onda IR A (850-2300 nm) ma la pressoché totale riflessione delle lunghezze d'onda IR B (oltre 2300 nm).

Come il vetro presenta anche una certa fragilità che, sebbene sia inferiore a quella del vetro, è superiore a quella degli altri materiali plastici. Per ovviare a questa caratteristica e migliorarne la tenacità meccanica è stata realizzata una formula antiurto (HI-PMMA), in cui al polimero di base è stata addizionata una gomma acrilica innestata con metacrilato. Questo secondo componente ha lo stesso indice di rifrazione del PMMA puro e ne permette un miglioramento delle prestazioni meccaniche senza ridurre la trasparenza; purtroppo la gomma acrilica influisce sul PMMA a discapito della durezza superficiale.

I tipi antiurto sono adatti soprattutto nelle vetrature non poste orizzontalmente (lucernai, tetti, ecc.) dove è molto importante la resistenza alla grandine e alla caduta di eventuali corpi estranei⁴⁰.

L'elevato indice di rifrazione permette, per effetto della rifrazione totale sulle facce interne delle superfici, di guidare la luce nell'interno della lastra rendendo il polimero particolarmente adatto per realizzare dosatori solari.

Rispetto alle normali lastre di vetro, il minor peso specifico comporta sensibili vantaggi economici di trasporto e di montaggio; al contrario, la rigidità, esprimibile mediante il modulo elastico a flessione, risulta nettamente inferiore e ciò comporta una minore resistenza ai carichi, sia statici che dinamici, e quindi la necessità di più frequenti sostegni. Il valore di conducibilità termica del PMMA, se confrontato con quello del vetro, è minore garantendo così un isolamento migliore (e un eventuale conseguente risparmio energetico); mentre, per quanto riguarda il fonoisolamento, il PMMA presenta valori analoghi a quelli del vetro. La polimerizzazione del metacrilato di metile può essere effettuata sia in sospensione sia in massa (per colata). Il PMMA ha raggiunto una stabilità prestazionale di tale livello da essere considerato concorrenziale per tutti gli impieghi che precedentemente erano il regno incontrastato del vetro. Grazie alla sua resistenza all'invecchiamento ha conquistato l'opportunità di sostituire il vetro anche in quei compiti dove è richiesto un lungo e duraturo esercizio, come in architettura.

Le prime lastre prodotte su scala industriale comparvero sul mercato nel 1933. Oggi le lastre vengono realizzate principalmente mediante due processi fondamentali: per colata, con il quale si ottiene un polimero acrilico ad alto peso molecolare, e per estrusione, ottenendo un polimero a medio peso molecolare. Se l'impiego delle lastre richiede buone qualità ottiche, esse devono essere preferibilmente prodotte per colata in quanto l'estrusione genera facilmente delle superfici che possono presentar effetti di distorsione ottica. È tuttavia possibile tra-

sformare il prodotto grezzo con altre tecnologie quali lo stampaggio ad iniezione, il soffiaggio e la termoformatura sotto vuoto.

Le lastre possono inoltre essere bi-orientate, cioè possono subire un trattamento di stiro trasversale, che si aggiunge a quello longitudinale, intrinseco alla lavorazione di estrusione. Un trattamento, che può essere attuato anche sulle lastre colate, aumenta le proprietà meccaniche della lastra e trova interessanti applicazioni in particolari impieghi⁴¹ dove è necessaria una grande resistenza meccanica unita ad un'ottima trasparenza ed una notevole leggerezza.

Vi è anche un altro metodo per aumentare alcuni aspetti della resistenza meccanica di una lastra in PMMA: le lastre antiurto sono composte da una matrice di polimetilmetacrilato e da una fase dispersa di PMMA innestata su uno speciale elastomero acrilico, avente lo stesso indice di rifrazione del PMMA. Le lastre, se testate con una prova di caduta di grave (ball-drop) presentano una rottura di tipo non fragile e propagazione di tipo duttile sotto l'azione di un'energia di 14 Joule, vale a dire fino a dieci volte superiore a quella necessaria per rompere una lastra non antiurto. Le lastre antiurto presentano, in funzione del loro contenuto di elastomero, livelli crescenti di resistenza all'urto Izod con intaglio, cui corrispondono però valori decrescenti di rigidità, durezza, di trasmissione totale della luce e di resistenza al graffio⁴².

Un'altra importante famiglia di lastre ottenibili con il PMMA è quella con superfici non completamente trasparenti: oltre ai tipi opalini e traslucidi vi sono delle lastre estruse a superficie strutturata e delle lastre il cui aspetto mazzato non è ottenuto con un trattamento meccanico superficiale ma è dovuto alla particolare composizione chimica del polimero. Una proprietà che permette il mantenimento della mazzatura anche dopo una eventuale termoformatura a caldo. Sia le lastre mazzate che quelle a superficie strutturata hanno un elevato effetto diffondente con un indice di torbidità Haze circa cinquanta volte più alto delle lastre normali.

I prodotti commerciali nel settore delle lastre acriliche possono essere suddivisi in tre famiglie che corrispondono ad altrettanti diversi processi produttivi, rispettivamente: per estrusione, per coestrusione e per colata. Tutte tipologie di lastre che sono normalmente fornite anche nella versione antiurto. Le lastre antiurto presentano uno spettro di trasmissione luminosa simile a quello delle normali lastre acriliche non additivate, che caratterizzato da una quasi totale opacità alle radiazioni UV⁴³. Le lastre antiurto possono essere prodotte in molteplici tipologie dalle prestazioni differenti, in funzione dell'additivo utilizzato e della sua percentuale: ad alta durezza superficiale, ad alta rigidità, ad alta resistenza e con prestazioni antiurto. Il minor modulo elastico del materiale antiurto rispetto al PMMA non additivato permette un aumento della flessibilità delle lastre con sensibili vantaggi sulla curvabilità a freddo permettendo realizzazioni una volta impossibili; le lastre sono caratterizzate anche da una superiore resistenza all'invecchiamento

rispetto al PMMA tradizionale, che è comunque la plastica maggiormente prestante al riguardo.

Un'ulteriore possibilità offerta dal PMMA riguarda la possibilità di realizzare delle lastre estruse alveolari caratterizzate da un'ottima combinazione di proprietà. Le nervature interne formano una serie di celle chiuse che conferiscono alla lastra un elevato potere di isolamento acustico, altissima rigidità, elevata tenuta meccanica e leggerezza.

Le lastre alveolari sono realizzate con differenti geometrie che determinano una diversità dei valori della trasparenza; inoltre tutti i profili possono essere realizzati, se richiesto, con la mazzatura superficiale diffondente rendendo ancora più efficace la flessibilità del componente in risposta alle crescenti domande di alta e particolare efficienza del mondo progettuale.

3.5.2 Il policarbonato (PC)

È un polimero termoplastico scoperto nel 1902⁴⁴, è tra i materiali plastici che meglio possono sostituire il vetro in diverse e particolari applicazioni.

Esso possiede una combinazione di proprietà non facilmente riscontrabile in altre materie plastiche. Il PC viene lavorato in lastre monolitiche o nervate, principalmente attraverso un processo di estrusione, ma può anche essere stampato, iniettato, soffiato e colato.

Sul mercato il policarbonato è disponibile sia come materiale di base, sia sotto forma di resine additivate e trattate al fine di migliorarne le prestazioni iniziali. Le lastre nervate sono disponibili in diverse configurazioni in funzione delle specifiche necessità d'uso.

Tra le proprietà fondamentali del PC il basso peso specifico è certamente una di quelle che hanno prodotto e producono tuttora un sempre maggiore interesse del mercato nei confronti di questo materiale. La leggerezza del PC appare ancora più interessante se si tiene conto dell'altra peculiare caratteristica del polimero, ovvero la sua elevata resistenza all'urto⁴⁵.

Viceversa la resistenza al graffio, a causa della bassa durezza superficiale, risulta scarsa soprattutto se si paragona alle prestazioni offerte da una lastra di vetro. Attualmente la maggior parte dei produttori ovvia all'inconveniente trattando superficialmente la lastra di policarbonato con una vernice acrilica antigraffio.

L'assoluta trasparenza di questo materiale, proprietà che lo ha messo in luce come interessante sostituto del vetro, è stata tuttavia per molto tempo parzialmente inficiata dalla pessima resistenza del policarbonato agli agenti atmosferici ed ai raggi ultravioletti⁴⁶.

Un limite "intrinseco" del policarbonato che è dovuto alla sua struttura molecolare; essa presenta, infatti, diversi livelli di assorbimento spettrale delle radiazioni nocive, che causano dei fenomeni di degra-

dazione fotosensitiva⁴⁷. Al fine di ovviare al difetto, si è realizzato un processo di protezione del PC con del polimetilmetacrilato il quale, oltre ad offrire una buona aderenza al policarbonato, presenta nel tempo buona trasparenza e brillantezza ed impedisce agli agenti atmosferici di deteriorare il PC. Il PMMA può essere applicato per verniciatura, fatto aderire sotto forma di pellicola oppure coestruso al policarbonato.

Anche con il policarbonato è possibile realizzare lastre a superficie strutturata in grado di raggiungere gradi di diffusione della luce molto elevati con valori di torbidità Haze del 50-60%.

La capacità di mantenere le proprie caratteristiche fisiche in un amplissimo intervallo di temperatura, ovvero la stabilità dimensionale e la resistenza al calore continuato e all'urto alle basse temperature, rendono possibile l'impiego di questo polimero in un intervallo termico compreso tra i -100°C ed i + 135°C. La stabilità dimensionale, sia in sede di produzione che in opera, insieme alla bassa tendenza alla deformazione, è dovuta ad un post ritiro di entità trascurabile e ad un bassissimo assorbimento di umidità. Il polimero termoplastico è pertanto caratterizzato da un alto punto di fusione e da un intervallo di temperatura nel quale può operare particolarmente ampio.

3.5.3 Il polivinilcloruro (PVC)

La scoperta del cloruro di vinile risale al 1835⁴⁸, quando H.V. Regnault lo ottenne trattando del dicloruro di etilene con una soluzione alcolica di idrato di potassio. Alla fine degli anni Venti del secolo scorso si riuscì ad ottenere la polimerizzazione del monomero ed infine, durante gli anni Trenta, si realizzò la stabilizzazione del polimero di cloruro di vinile (PVC) dando così inizio alla realizzazione industriale di prodotti. Pur essendo dotato di ottime proprietà antifiamma, il PVC, se sottoposto ad alte temperature, sprigiona vapori tossici e corrosivi particolarmente dannosi per l'uomo.

La temperatura di decomposizione del polimero è di poco superiore alle temperature massime di lavorazione. La degradazione, che nei primi stadi si evidenzia con la formazione di un colore giallo e nei casi di maggior gravità con una pigmentazione marrone scuro, è evitabile additivando il polimero con degli stabilizzanti adatti che fissano l'acido cloridrico.

Una caratteristica, particolarmente insolita per le resine plastiche, e che rende il polimero eccezionalmente prestante, è la facilità con la quale in PVC, caratterizzato dalla scarsa solubilità in molti solventi, possa assimilare determinate sostanze denominate plastificanti, trasformandosi in una resina dalle prestazioni simili alla gomma. Attraverso questo processo di lavorazione si possono ottenere manufatti flessibili con contenuto di plastificante superiore anche al 60% ed in grado di mantenere tutte le principali proprietà del PVC rigido. In que-

sta configurazione il polimero assume un comportamento molto simile a quello degli elastomeri e può inglobare anche cariche minerali in quantità elevate.

L'aggiunta di additivi plastificanti capaci di modificare alcune caratteristiche del polimero, come ad esempio la resistenza all'urto, ed i molteplici processi di polimerizzazione e di lavorazione, garantiscono un'ampia gamma di prodotti finiti capaci di coprire ampie fasce di utilizzo.

Il PVC comunque prodotto (polimerizzazione in emulsione, in sospensione, in massa) non può essere utilizzato direttamente, è infatti necessario aggiungere alla resina gli adatti ingredienti indispensabili per conferire al composto le caratteristiche richieste.

Sono soprattutto necessari gli stabilizzanti al calore in quanto la temperatura di lavorazione è molto vicina a quella di degradazione della resina. Le lastre in PVC rigido vengono prevalentemente impiegate come elementi di vetratura negli edifici industriali e commerciali, in costruzioni sportive e piscine e per ambienti di servizio in fabbricati residenziali. La resina di PVC, adeguatamente additivata con agenti di stabilizzazione, viene trasformata in lastre mediante un classico processo di estrusione attraverso apposite filiere.

Essa può essere additivata con due differenti tipi di stabilizzanti: la miscela normale a base di additivi più comuni di tipo bario-cadmio con azzurranti ottici (UV adsorber) che realizza lastre con trasparenza piuttosto limitata ed una stabilità alla luce mediocre, e la miscela più pregiata a base di stabilizzanti allo stagno che consente di raggiungere per entrambe le caratteristiche livelli molto più soddisfacenti.

Il processo di estrusione sottopone il materiale ad un sensibile stress termico che influenza la stabilità nel tempo delle lastre. Nel caso in cui la trafilatura non venga eseguita con particolare attenzione ai parametri termici, determina una prima degradazione che, sebbene inizialmente invisibile poiché mascherata dagli azzurranti ottici, nel tempo provoca un rapido decadimento della trasparenza.

Per ovviare al fenomeno dell'opacizzazione e dell'ingiallimento causato dagli UV, trattamenti superficiali protettivi possono essere realizzati con uno strato di PMMA coestruso.

L'elevato valore di modulo elastico a flessione permette la possibilità di curvare il materiale e testimonia una buona rigidità e quindi buona resistenza ai carichi statici.

La trasmissione luminosa totale è nettamente inferiore a quella degli altri materiali polimerici analizzati, ma l'elevato livello di diffusione della luce può essere utile in ambienti industriali o in ambienti in cui l'ingresso diretto dei raggi solari può rappresentare un inconveniente. Il dato più limitante è la bassa resistenza al calore: un'eccessiva concentrazione di raggi solari sulla lastra provoca la sua distorsione. Basso costo di produzione e grande duttilità progettuale sono invece caratteristiche favorevoli per una serie di impieghi.

3.6 L'evoluzione delle applicazioni negli interventi di protezione e restauro

Tradizionalmente la trasparenza è stata legata all'uso del vetro, per molto tempo unico materiale in grado di fornire all'uomo la possibilità di isolare, contenere e proteggere senza imporre visivamente la propria presenza.

Il vetro, nella sua storia millenaria, ha delineato le sue possibilità di impiego creando un'immagine culturale in cui la trasparenza è tutt'uno con le sue specifiche proprietà.

È con la rivoluzione industriale che il meccanismo di identificazione automatica dei materiali entra in crisi: i materiali aumentano e si modificano offrendo caratteristiche e formulazioni differenti per ognuno di essi. I primi effetti della rivoluzione industriale si manifestano attraverso la sostituzione dei materiali naturali con i materiali artificiali⁴⁹.

Anche a distanza di un secolo dalla comparsa delle prime materie plastiche, molti materiali polimerici non sono ancora conosciuti dai progettisti e vengono impiegati in maniera impropria oppure con soluzioni povere sia dal punto di vista prestazionale che formalmente e costruttivamente.

La progettazione mediante la trasparenza non è più identificata dalla connotazione di nobile e fragile. I materiali plastici sono giunti a competere con il vetro in tutti i suoi campi di applicazione seguendo però una linea evolutiva opposta: mentre con il vetro occorre realizzare più facilmente e più economicamente prodotti con prestazioni di alta qualità, per le plastiche il problema è sempre stato quello di valorizzare e aumentare la qualità di una prestazione facilmente ottenibile.

L'avvento dei polimeri ha definitivamente rivoluzionato la progettazione della trasparenza. In questo nuovo contesto progettuale la trasparenza non è più "una prestazione da conquistare quanto una possibilità da gestire, calibrandone l'estensione e collegandola di volta in volta a un complesso di altre prestazioni"⁵⁰.

Le proprietà che hanno originato il successo dei materiali polimerici nella realizzazione delle trasparenze sono diverse, e sono di natura tecnologica, prestazionale, compositiva e anche concettuale. La limitata lavorabilità del vetro non solo non permette la realizzazione di forme complesse e articolate, ma rende anche difficoltosa l'assemblabilità; la risposta a tali esigenze è facilmente fornita dai materiali polimerici poiché l'isotropia è strettamente connessa alla loro plasticità. La regolarità strutturale del materiale, sia che si adotti un processo di produzione continuo o discontinuo, si converte, seppur con altri limiti, in un fattore di libertà formale e progettuale.

Tracciare un quadro dell'evoluzione degli utilizzi dei materiali di sintesi a fini conservativi rappresenta forse una concettualizzazione un po' labile di un utilizzo diffidente e senza una progressione significativa. Dagli anni Cinquanta in poi i materiali sintetici sono stati utilizzati molto

per il restauro se si considerano le resine e la vasta gamma di protettivi o consolidanti spalmabili; diverse sono le sorti di utilizzo se si pensa ad un linguaggio architettonico-compositivo della trasparenza, e quindi ad un utilizzo di componenti.

Al di là delle caratteristiche, sopra descritte, che costituiscono un indiscutibile vantaggio in termini di costi, di leggerezza e di una serie di risposte prestazionali, le possibilità formali della plastica vedono, nel campo della conservazione, uno scarsissimo sfruttamento; operazioni di formatura o piegatura o sagomatura anche semplici ma ad hoc, in un intervento di restauro, possono essere determinanti a livello conservativo soprattutto se abbinata all'*evanescenza* che il componente stesso può dimostrare.

È inoltre da rilevare che i più recenti componenti in materiale plastico stanno raggiungendo specificità via via più innovative nell'abbinare diverse caratteristiche e ottenere livelli prestazionali sempre più alti, come per esempio:

- le lastre alveolari ad una o più pareti che associano all'elevata resistenza agli urti, alla leggerezza e alla "curvabilità" a freddo anche uno strato protettivo co-estruso fuso con il materiale in modo omogeneo come protezione ai raggi UV;
- lastre "no drop", provviste di rivestimento per la dispersione dell'acqua evitando l'accumulo di condensa e favorendo il defluire delle gocce;
- lastre alveolari a 4 o più pareti termoisolanti;
- lastre che riducono la trasmissione del calore permettendo al tempo stesso un'elevata trasmissione della luce;
- lastre alveolari a 5 o più pareti con sezioni particolari per aumentare la capacità di portata;
- filtro o trasmissione del vicino infrarosso.

3.7 Panorama dei materiali plastici attualmente utilizzati a fini conservativi

Come detto nel capitolo precedente, i materiali di sintesi in assoluto più utilizzati quando viene richiesta la caratteristica della trasparenza sono i policarbonati e i metacrilati, il polimetilmetacrilato soprattutto, in misura minore il poliestere (UP) e il copoliestere, il polistirene (PS), il polivinilcloruro (PVC), il polietilentereftalato (PET).

Ad eccezione del poliestere, che è un polimero termoindurente, tutti i materiali sopra citati rientrano nei termoplastici. Mentre il PC e il PMMA abbinano a ottime qualità ottiche anche elevate caratteristiche meccaniche e di stabilità delle caratteristiche superficiali (per il PC, se protetto dall'irraggiamento), gli altri materiali presentano spesso ottime caratteristiche meccaniche, di resistenza agli urti o al fuoco o anti-graffio, ma hanno caratteristiche ottiche fortemente inferiori, bassa resistenza agli UV. Per questo motivo, la maggior parte delle aziende che

lavorano plastiche per produrre componenti principalmente trasparenti utilizzano il PC e il PMMA.

Oltre ai componenti in forma di lastre, le materie plastiche sono utilizzate a fini protettivi in contesti archeologici o come protezioni provvisorie nel corso di lavori di restauro anche in forma di teli.

La copertura provvisoria con teli impermeabili in materiale plastico rientra tra le protezioni più "classiche" e più diffuse, al pari delle strutture di copertura cosiddette tradizionali (tubi innocenti e manti di copertura di diversi materiali). I teli di copertura impiegati più comunemente sono in Polietilene (PE) trasparenti, bianchi o neri, oppure quelli in Nylon.

Non sono permeabili né all'acqua né all'aria quindi possono risultare appropriati per protezioni temporanee.

La facile reperibilità, il basso costo, l'adattabilità alle situazioni più diverse, soprattutto nei casi di emergenza, la semplicità e la rapidità con cui possono essere messi in opera fanno spesso preferire, in determinati contesti, i teli in PE alle strutture di copertura.

L'impermeabilità e la trasparenza, caratteristica apprezzata perché può favorire la consultazione dei reperti o delle strutture protette,

L'uso scorretto dei teli in plastica trasparenti può consistere nella copertura a contatto con le strutture esposte all'irraggiamento solare diretto. In questo caso sotto il telo si genera un microclima che favorisce lo sviluppo di vegetazione e colonie batteriche e un progressivo indebolimento fisico o un impoverimento chimico dei materiali sottostanti.

Se sottoposti a un prolungato irraggiamento solare i teli trasparenti in Polietilene sono soggetti a deterioramento relativamente rapido: dapprima si opacizzano, poi si irrigidiscono gradatamente fino a perdere completamente flessibilità, infine si lacerano. Un effetto analogo può essere provocato da fenomeni di gelo e da cicli di freddo/caldo⁵¹.

Note

¹ S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design – Le materie plastiche, i loro compositi, le tecnologie trasformatrice: dal petrolio al progetto attraverso la storia del disegno industriale italiano*, Hoepli, Milano 1997, p. 1.

² Per la voce *Plastica* confronta M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, Utet scienze tecniche, Torino 2006, p. 90.

³ S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design ...*, op. cit., p. 5; ed inoltre: "Già nel corso del '800 furono molte le sostanze plastiche che vennero impiegate tanto artigianalmente che industrialmente nella produzione di svariati oggetti. L'industrializzazione portò a intensificare il prelievo dall'ambiente di sostanze polimeriche naturali che, inizialmente impiegate tal quali, previe lavorazioni di "formatura", furono poi modificate sia in modo fisico che con l'ausilio di sostanze chimiche aprendo la strada alla ricerca sui materiali sintetici la cui scoperta avvenne molto più tardi".

⁴ M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, op. cit., p. 90.

⁵ S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, op. cit., p. 5.

⁶ “Senza cariche la resina fenolica è trasparente come vetro. Miscelata con altre sostanze e sagomata sotto l'effetto della pressione e del calore, portò alla realizzazione nel 1909 di un materiale resistente al calore, che non fondeva e non conduceva elettricità, da utilizzare in campo elettrotecnico per involucri e isolamenti. Questo primo polimero termoindurente è conosciuto con il nome di bachelite”. Cfr. *Plastica*, in M. Hegger ... *op. cit.* p. 90.

⁷ S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, *op. cit.*, p. 5. Un altro materiale che ha fatto epoca è la resina urea-tiourea-formaldeide, introdotta nel 1924, trasparente e incolore.

⁸ *Ibidem*.

⁹ Ivi, p. 7.

¹⁰ Giulio Castelli, cosciente delle potenzialità che questi nuovi materiali avrebbero potuto offrire, intraprese la ricerca di un'identità materica. Già dal 1959 la produzione acquisì un importante ramo di attività: l'impiego delle materie plastiche in laboratorio, ancora oggi la palestra di questi materiali che vengono poi utilizzati in applicazioni meno impegnative a livello di prestazioni. Cfr. S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, *op. cit.*, p. 7.

¹¹ Tra i meriti dei fratelli Guzzini vi sono anche alcune conquiste nella ricerca di nuovi materiali e tecnologie; ne costituiscono esempi la realizzazione della cupola di copertura più grande del mondo in polimetilmetacrilato (1975), oppure l'invenzione dei famosi globi in policarbonato ottenuti per iniezione-soffiaggio e impiegati nell'illuminazione di esterni (1979), o l'invenzione di un materiale composito dalle prestazioni eccezionali come il Duralast (materiale iniettabile costituito da polimetilmetacrilato caricato con silice) impiegato nella produzione di lavelli e piani di lavoro nel 1981; cfr. S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, *op. cit.*, p. 7.

¹² “Nel 1953, all'interno della Fiera Campionaria di Milano, venne organizzata la manifestazione “l'Era delle Materie Plastiche” nella quale si propagò l'impiego dei materiali polimerici nell'oggettistica per l'abitazione. Nel 1957, nell'ambito della XXXV Fiera Campionaria ebbe luogo, promossa da “Stileindustria” e dalla rivista “Materie Plastiche”, la “Mostra Internazionale per l'Estetica delle Materie Plastiche”, segno tangibile dell'importanza a cui era ascisa la nuova materia nell'ambiente del disegno industriale. Si tenne invece a Torino, nel 1968, la II Edizione di “Eurodomus”, patrocinata dalla rivista “Domus”: la mostra venne dedicata ai materiali polimerici; singolare fu il padiglione pneumatico in PVC. Una significativa mostra sulle materie plastiche venne promossa nel 1975 dal Centrokappa; il dibattito da allora si rivolgerà gradualmente alla plastica come problematica”, S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, *op. cit.*, p. 7.

¹³ Ivi, p. 21.

¹⁴ *Ibidem*: la mostra fu voluta da Assoplast in collaborazione con Domus Academy e si tenne presso la Triennale di Milano nel 1991.

¹⁵ *Ibidem*.

¹⁶ Cronologia di sintesi desunta da S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, *op. cit.*, pp. 213-219.

¹⁷ Le date relative alle Carte del Restauro italiano sono desunte da *Codici per la conservazione del patrimonio storico – Cento anni di riflessioni, “grida” e carte*, a cura di Ruggero Boschi, Pietro Segala, Nardini Editore, Firenze 2006; la cronologia di sintesi delle architetture di Franco Minissi realizzate con materiali plastici trasparenti è desunta da B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico. Primi contributi di Franco Minissi*, in “Arkos – Scienza e restauro dell'architettura”, n. 12, gennaio/marzo 2006, Nardini Editore, Firenze, pp. 18-24.

¹⁸ Cfr. H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, Edizione Tecniche Nuove, Milano 2006, p. 4. Il comportamento complesso è da tenere presente in considerazione dell'impiego e durante la lavorazione delle materie plastiche. Esempi di complessità della materia sono la visco-elasticità, i complessi comportamenti all'invecchiamento, la cristallinità del manufatto, l'anisotropia condizionata dall'orientamento, la formazione di incrinature per tensioni interne, ecc., tali per cui sono necessari molteplici metodi di prova per stabilire le caratteristiche.

¹⁹ Cfr. le note di introduttive di H. SEACHTLING, *Manuale .. op.cit.*

²⁰ Ivi, p. 7. Le norme per la classificazione in sigle dei polimeri sono la DIN EN ISO 1043-1 (Lettere e sigle Parte 1: Polimeri di base e loro caratteristiche particolari), la

DIN EN ISO 1043-2 (Sigle per cariche e agenti di rinforzo), DIN EN ISO 1043-3 (Sigle e abbreviazioni Parte 3: Plastificanti), DIN EN ISO 1043-4 (Sigle e abbreviazioni Parte 4: Ritardanti di fiamma), DIN-ISO 1629 (Gomma e lattici – Classificazione e sigle), DIN EN ISO 11469 (Tipizzazione e sigle di pezzi stampati in materiale plastico – eccetto imballaggi), DIN EN ISO 18067 (Elastomeri termoplastici, in preparazione).

²¹ Ivi, p. 3.

²² P. ZENNARO, *Architettura dei materiali*, Edizioni progetto, Padova 1995, pag. 201; ed inoltre: “In conseguenza della loro plasticità possono, tramite il processo di riscaldamento a temperature non elevate, essere foggiate in qualsivoglia forma poiché divengono pastose e fluide, quindi formabili in uno stampo. Appartengono ad un vasto gruppo di materiali prevalentemente costituiti da idrocarburi non cristallizzati. Sono composte da polimeri di sostanze organiche ad elevato peso molecolare in stato informe. A seconda dei casi la disposizione delle macromolecole può essere di forma irregolare, configurazione amorfa, oppure altamente ordinata, conformazione a polimero cristallino, o di tipo intermedio in cui sono presenti strutture ordinate e disordinate al contempo, denominata a polimero semicristallino”.

²³ Cfr. A. BAGLIONI (a cura di), *Nuovi materiali leggeri per l'architettura*, Editrice Esculapio, Bologna 1993, p. 70.

²⁴ Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante del materiali*, *op. cit.*, pp. 91-92.

La *polimerizzazione* viene avviata da pressione, temperatura, luce, iniziatori e catalizzatori. I doppi legami dei monomeri si spezzano e i singoli elementi si uniscono in catene di molecole lineari; gli omopolimeri sono composti da un unico monomero, ad esempio polietilene (PE), polistirolo (PS) o polivinilcloruro (PVC). La *policondensazione* avviene facendo reagire i monomeri per la formazione di macromolecole, ad esempio poliammide (PA), policarbonato (PC) o poliestere (PET). Nella *poliaddizione* diversi monomeri costituiscono macromolecole attraverso gruppi funzionali; i prodotti risultanti vengono classificati in base alla loro struttura chimica, ad esempio nel gruppo dei poliuretani (PUR) o delle resine epossidiche (EP). Una posizione particolare viene occupata dalle leghe polimeriche (blend polimerici). Si tratta di una miscela di almeno due polimeri termoplastici, fatta con l'obiettivo di sfruttare le proprietà di entrambi, ad esempio ABS + PC. Sulla classificazione secondo il procedimento di sintesi vedi anche H. SEACHTLING, *Manuale .. op. cit.*, pp. 10-12.

²⁵ Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante del materiali*, *op. cit.*, pp. 91-92 e Cfr. S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design .. op. cit.*, pp. 67-77. È detto termoindurente il polimero che a determinate temperature indurisce irreversibilmente a causa della reticolazione delle macromolecole del prodotto di partenza. Appartengono ai termoindurenti, ad esempio, i poliuretani (PU), le resine epossidiche (EP) e il politetrafluoroetilene (PTFE - TEFLON). In genere i termoindurenti possiedono elevate caratteristiche meccaniche. La reticolatura spaziale a maglie strette caratteristica dei polimeri termoindurenti si forma durante lo stampaggio per compressione, la termoformatura o la lavorazione con indurenti. Sono duri e fragili, non solubili nei solventi organici e tra i gruppi di plastiche sono quelli che possiedono la massima resistenza alla deformazione termica. L'aggiunta di fibre o cariche ne migliora le qualità meccaniche. Resine da colata o materiali per stampaggio come le resine epossidiche (EP), poliuretane (PUR) e poliestere insature (UP) formano la base (matrice) dei composti fibrosi. Si dice elastomero (gomma) il polimero, artificiale o ottenuto per sintesi ed eventualmente sottoposto a vulcanizzazione, che si presenti come un materiale elastico cioè sia dotato di un elevato allungamento che ne consenta, dopo una sollecitazione meccanica esterna, il recupero delle originarie dimensioni. Esistono due grandi categorie di gomme: gli elastomeri vulcanizzati e gli elastomeri termoplastici.

²⁶ Sono, ad esempio, polimeri termoplastici l'acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS), il policarbonato (PC), il polietilene (PE), il polietilentereftalato (PET), il polimetilmetacrilato (PMMA), il polistirene (PS), il polivinilcloruro (PVC).

²⁷ Cfr. S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, *op. cit.*, p. 69.

²⁸ Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante del materiali*, *op. cit.*, pp. 91-92.

²⁹ Cfr. *Nuovi materiali leggeri .. op. cit.*, p. 88, e cfr. A. PAESANO, *Tecnopolimeri*, in

“Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione”, a cura di Umberto Caturano, Franco Angeli Editore, Milano, 1996, pp. 81-104, in cui si riportano varie definizioni, tra cui quella di “polimeri termoplastici capaci di conservare la stabilità dimensionale e la maggior parte delle proprietà meccaniche al di sopra di 100 °C e al di sotto di 0 °C” (p. 83), per cui con essi è possibile realizzare componenti funzionali in grado di sopportare sia i carichi meccanici che le temperature sperimentate per i materiali tradizionali, che possono essere quindi sostituiti dai tecnopolimeri in certe condizioni di esercizio. Oltre al minor peso specifico, alla resistenza alla corrosione e alla maggiore inerzia chimica, essi consentono di realizzare forme complesse; secondo una prima classificazione per i tecnopolimeri si individuano cinque famiglie di termoplastici: poliammidi, policarbonati aromatici, poliossimetilene o resine poliacetaliche, polifenilossido e polifenilossido modificato, polibutilentereftalato e polietilentereftalato (p. 84).

³⁰ Cfr. H. SEACHTLING, *Manuale ...*, op. cit., pp. 185-186.

³¹ Per una esaustiva trattazione delle tecnologie di lavorazione delle materie plastiche si rimanda alla specifica letteratura in materia. Vengono ricordati i principali e più diffusi sistemi di lavorazione. La prima formatura dei semilavorati o degli elementi prodotti partendo da polveri, granulati o liquidi si chiama formatura iniziale. Nelle termoplastiche il processo di formatura è reversibile, grazie all'intreccio fisico dei legami. Il granulato fuso viene sagomato e si raffredda solidificandosi. Nei polimeri termoindurenti durante la formatura (non reversibile) si verifica una reticolazione chimica, con cui si determinano le proprietà caratteristiche. Dopo la formatura, gli elastomeri vengono reticolati a maglia larga in maniera irreversibile, ad esempio mediante la vulcanizzazione.

Estrusione (con un procedimento continuo, la pressa per estrusione trasforma la massa termoplastica in profili, tubi, tavole, fogli e manicotti di PVC, PE, PMMA o PC), la calandratura (diversi rulli posizionati in sequenza trasformano in nastri la massa termoplastica o di gomma naturale. Con questa lavorazione è possibile effettuare stampe in rilievo e inserire tessuti nel polimero. Questo procedimento viene utilizzato per la produzione di rivestimenti di pavimento e teli impermeabili in PVC o poliolfine), lo stampaggio per iniezione (termoplastiche, polimeri termoindurenti ed elastomeri vengono utilizzati per la produzione di articoli in serie, ma anche di piccoli prodotti sagomati. Le plastiche vengono spruzzate negli stampi a pressione elevata, dove poi si raffreddano o induriscono. Mediante questo procedimento è anche possibile unire ad accoppiamento geometrico numerosi componenti di plastica), stampaggio per compressione (la massa di resina termoindurente viene inserita nell'utensile e compressa a pressioni e temperatura elevate in modo che le catene di molecole terminino la reticolazione. Nella laminatura, teli di supporto impregnati di resine termoindurenti consentono la realizzazione di laminati per lastre. Con polimeri termoplastici PS o PP si ottengono tavole con pareti spesse o semilavorati di espansi con un processo di stampaggio per compressione e successivo raffreddamento), stampaggio rotazionale (praticamente tutti i polimeri termoplastici possono essere soggetti a stampaggio rotazionale. La materia termoplastica viene fatta aderire mediante la rotazione sui lati esterni dello stampo, che ruota su due assi ortogonali. Serve per la produzione di contenitori per il trasporto e lo stoccaggio). Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, op. cit., pp. 92-93.

³² Cfr. C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, Tecnomedia, Milano 1995, p. 136.

³³ Dato desunto dalla trattazione della trasparenza affidata ai polimeri contenuta in C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, op. cit., pp. 136-137.

³⁴ La tabella è elaborata da H. SEACHTLING, *Manuale ...*, op. cit., pp. 674-675.

³⁵ La classificazione descrittiva che segue è tratta da E. MANZINI, *La materia dell'invenzione*, Milano 1986, p. 164. La fonte, pur non contendo dati tecnici ma trattando la descrizione delle materie di sintesi trasparenti più utilizzate in architettura in modo semplificato e divulgativo, costituisce una chiara e utile prima classificazione delle materie plastiche, suddivise e descritte propriamente secondo il criterio della trasparenza. Per le caratteristiche dei materiali citate confronta anche M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, op. cit., pp. 94-96; inoltre la parte più strutturata delle varie descrizioni è tratta da S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, op. cit., pp. 193-198.

³⁶ “L'indice di rifrazione (relativo) di un mezzo rispetto a un altro, è il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza (che il raggio incidente, nel primo mezzo, forma con la normale alla superficie nel punto di incidenza) e il seno dell'angolo di rifrazione (che il raggio rifratto, nel secondo mezzo, forma con la stessa normale). L'indice di rifrazione (assoluto) di un mezzo è quello relativo al vuoto”, G. DEVOTO, G.C. OLI, *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, vol. II, Milano 1978; cfr. anche definizioni contenute nel cap. 1.

³⁷ Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, op. cit., pp. 91-92.

³⁸ La tabella in cui vengono riportati i valori indicativi di caratteristiche meccaniche e termiche di lastre monolitiche in materiale plastico e vetro (alcune plastiche raggiungono, e a volte superano, le prestazioni offerte dal vetro) è tratta da C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, op. cit., p. 137.

³⁹ Ivi, p. 139.

⁴⁰ Mediante prove sperimentali si sono riscontrati, per i tipi antiurto, valori oltre dieci volte superiori a quelli dei tipi normali di PMMA e si è constatato che una lastra dello spessore di 4 mm può resistere alla caduta di chicchi di grandine aventi un diametro di 32 mm; ivi, p. 140.

⁴¹ Ad esempio in aeronautica per cupole e finestrini.

⁴² La resistenza al graffio viene espressa mediante il valore della torbidità percentuale (Haze &); questo valore è misurato dopo una prova di abrasione (Norma ASTM D 673, 2000 ore) effettuata con 2 Kg di carburo di silicio.

⁴³ La Vedril produce anche una versione denominata UVP ad elevata protezione dalle radiazioni ultraviolette. Essa è stata utilizzata a Milano nelle sale del Palazzo Isimbardi per esporre ottanta preziosi tessuti Bathik dell'isola di Giava. I tessuti sono stati presentati dentro grandi vetrine o fra due lastre a sandwich di Vedril UVP che, grazie alla proprietà di protezione fisica e di difesa dalla luce, si è dimostrato insostituibile nell'allestimento della mostra. Analoghi allestimenti sono stati realizzati nella sala delle ceramiche al Museo Poldi Pezzoli e al Museo Archeologico di Siracusa.

⁴⁴ Questa data relativa alla scoperta del policarbonato è desunta da C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, op. cit., p. 146. Il testo di S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia*, op. cit., nella cronologia di sintesi relativa alle materie plastiche riportata a pp. 213-219, indica come anno di introduzione del policarbonato il 1956.

⁴⁵ In termini di resistenza Charpy con intaglio, ma anche di resistenza col metodo ball-drop (caduta di grave), una lastra piana di policarbonato viene danneggiata, senza però produrre schegge, solo ad alti valori di energia ed in un ampio intervallo di temperatura: l'energia per danneggiare una lastra di policarbonato raggiunge il valore di 200 joule, valore che si ottiene facendo cadere dall'altezza di 2,5 m un grave del peso di 8 Kg. Il policarbonato viene utilizzato nella realizzazione di vetrate di sicurezza antiproiettile e antivandalismo.

⁴⁶ Secondo quanto riportato, ad esempio, nel testo di C. Conio, *La tecnologia della trasparenza*, pubblicato nel 1995.

⁴⁷ A questo riguardo, secondo quanto riporta C. Conio (1995), sono state effettuate prove di esposizione all'aperto, in clima centro europeo e per un periodo di due anni dalle quali è emerso un aumento della torbidità, un ingiallimento ed un'erosione visibile al microscopio in alcuni punti. Per quanto riguarda invece l'esposizione di lastre in policarbonato in climi caldo umidi, si sono riscontrati una diminuzione del modulo elastico a flessione ed una minor resistenza all'urto.

⁴⁸ Questa la data secondo C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, op. cit., p. 153; secondo S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design*, op. cit., nella cronologia di sintesi relativa alle scoperte scientifiche e tecnologiche delle materie plastiche di pp. 213-219, e riportata in forma sintetica all'inizio del presente capitolo. Regnault scoprì la polimerizzazione del cloruro di vinile, senza però ottenerne un materiale, nel 1838, mentre il PVC fu introdotto nel 1930.

⁴⁹ Cfr. C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, op. cit., p. 135.

⁵⁰ E. MANZINI, *La materia dell'invenzione*, op. cit., p. 165.

⁵¹ Cfr. C. PEDELÌ, S. PULGA, *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'Insegna del Giglio, Firenze, 2002, pp. 54-55.

I componenti e i sistemi di aggancio lastra-struttura storica

Il capitolo affronta, attraverso un quadro generale, i componenti in materiali di sintesi trasparenti, dal punto di vista della struttura, della composizione e delle possibilità morfologiche e dimensionali, sviluppato attraverso le i dati e le informazioni desunti sia dalle specifiche pubblicazioni in materia che dalle schede tecniche dei prodotti presenti sul mercato. Il panorama viene ricondotto alle applicazioni protettive sulle strutture storico-architettoniche, anche per quanto riguarda gli aspetti critici connessi al montaggio e al sistema lastra-paramento storico.

« Si rende invisibile il vetro immergendolo in un liquido che abbia circa lo stesso indice di rifrazione; una cosa trasparente diventa invisibile in un medium che abbia circa lo stesso indice di rifrazione..»

Herbert George Wells, *The invisible man*, 1897.

- 4.1 Introduzione: la scelta critica dei parametri nella definizione dei componenti
- 4.2 Componenti trasparenti: caratteristiche, morfologia e aspetti dimensionali dell'elemento lastra
 - 4.2.1 Lastre compatte
 - 4.2.2 Lastre alveolari piane e lastre ondulate
- 4.3 Lavorazioni a caldo e a freddo: quali possibilità morfologiche e adattative
- 4.4 Requisiti dei sistemi di fissaggio alle strutture storiche
 - 4.4.1 Dispositivi innovativi a memoria di forma

4.1 Introduzione: la scelta critica dei parametri nella definizione dei componenti

La caratteristica della trasparenza applicata ad interventi di protezione dei beni storico-architettonici è affidata normalmente a componenti in forma di lastre. Le applicazioni di tali componenti riguardano sia interventi in cui l'elemento lastra è applicato verticalmente (lastre protettive, chiusure verticali, pannelli, ecc.) che orizzontalmente, nei casi in cui i componenti costituiscano parte di un sistema di copertura, più o meno complesso.

Esistono due livelli che meritano di essere approfonditi in funzione delle possibilità applicative sui beni storico-architettonici:

- le possibilità morfologiche e dimensionali degli elementi che oggi vengono prodotti e commercializzati e che sono soggetti a criteri di lavorazione standard;
- le possibilità *adattative* che la materia plastica offre alla trasparenza, come detto più volte, decisamente superiori rispetto al vetro per quanto concerne la lavorabilità.

D'altro canto, le materie plastiche possono essere lavorate in svariati modi, dipendenti non solo dalla natura chimica della materia plastica in sé, ma anche da una serie di fattori (dalla tipologia di struttura della lastra, dal suo spessore, dalla eventuale presenza di trattamenti superficiali, ecc.); alcuni sistemi di lavorazione appartengono anch'essi allo *standard* delle lavorazioni oggi normalmente assicurate dai produttori (pensiamo alle cupole, ai tunnel, ai lucernari, a diversi pezzi speciali per diverse applicazioni); altri sistemi risiedono nel potenziale di *sagomatura* che la materia offre e che vengono prodotti su richiesta ad hoc. Le possibilità che attualmente il mondo della produzione riserva alle capacità dimensionali dei componenti nella lavorazione dei materiali di sintesi sono numerose e variegata. Le caratteristiche tecniche, i cui dati sono facilmente reperibili nelle schede che il mondo della produzione mette a disposizione, rivelano un più flessibile adattamento alle singole esigenze che possono essere richieste da componenti in materiali di sintesi. La gamma e le possibilità degli aspetti dimensionali in componenti di effettiva produzione dipendono da diversi parametri:

- il tipo di lavorazione che quella determinata materia plastica, o miscela di materie plastiche, consente;
- le caratteristiche chimiche delle materie prime;
- gli eventuali trattamenti che i componenti presentano per soddisfare le diverse esigenze e assicurare determinate prestazioni.

L'ampia disponibilità di schede tecniche e manuali, facilmente reperibili, in cui sono riportati tutti i dati relativi a dimensionamenti e lavorazioni rende poco interessante una repertoriazione, che peraltro non risulterebbe esaustiva e conterrebbe margini di inesattezza, essendo, al di là della produzione standard, molte le aziende che personalizzano le linee di prodotti e che adattano le lavorazioni sulla base delle richieste

specifiche.

Le considerazioni e i dati di seguito riportati sono quindi frutto di una selezione critica di informazioni e parametri desunti sia dalle pubblicazioni specifiche in tema che da un confronto analitico di schede tecniche di prodotti forniti da numerose aziende del settore, nonché di dati ottenuti da confronti diretti con il mondo della produzione.

Naturalmente i parametri forniti per quanto riguarda caratteristiche e prestazioni dei componenti con proprietà di trasparenza sono numerosi e riguardano le caratteristiche fisiche, meccaniche, termiche, elettriche, classificazioni antincendio e parametri di trasmissione luminosa e di trattamenti superficiali e altre prestazioni certificate (dall'infrangibilità alla protezione UV, dalle caratteristiche cromatiche alle proprietà antiriflesso, ecc.); le principali tra queste caratteristiche sono state illustrate nel capitolo precedente.

È doveroso precisare che la preferenza di determinate caratteristiche che gli elementi trasparenti devono possedere e le singole prestazioni auspiccate in opera, variano a seconda del tipo di intervento: considerazione ancora più valida per quanto riguarda gli interventi di restauro e protezione dei beni storico-architettonici. Spesso il mondo della produzione fornisce dati estremamente utili alla filiera della produzione stessa, ma non altrettanto utili al progettista, soprattutto per quanto riguarda il controllo dei parametri che caratterizzano le prestazioni che vengono richieste ai componenti con proprietà di trasparenza.

4.2 Componenti trasparenti: caratteristiche, morfologia e aspetti dimensionali dell'elemento lastra

Come detto nel capitolo precedente, i materiali di sintesi in assoluto più utilizzati quando si richiede la caratteristica della trasparenza sono i policarbonati (PC) e i metacrilati, il polimetilmetacrilato (PMMA) soprattutto, in misura minore il poliestere (UP) e il copoliestere, il polistirene (PS), il polivinilcloruro (PVC), il polietilentereftalato (PET).

Ad eccezione del poliestere, che è un polimero termoindurente, tutti i materiali sopra citati rientrano nei termoplastici. Mentre il PC e il PMMA abbinano a ottime qualità ottiche anche elevate caratteristiche meccaniche e di stabilità delle caratteristiche superficiali (per il PC, se protetto dall'irraggiamento), gli altri materiali presentano spesso ottime caratteristiche meccaniche, di resistenza agli urti o al fuoco o anti-graffio, ma hanno caratteristiche ottiche fortemente inferiori e generalmente bassa resistenza agli UV. Per questo motivo, la maggior parte delle aziende che lavorano plastiche per produrre componenti principalmente trasparenti utilizzano il PC e il PMMA.

Come più volte ricordato, le lastre di policarbonato, compatte o alveolari, presentano caratteristiche tecniche che, "in sostituzione del vetro, le rendono valide alternative ai sistemi tradizionali per la protezione

e la copertura di strutture archeologiche. Fattori determinanti sono le elevate caratteristiche meccaniche, una buona resistenza al fuoco e agli agenti chimici e, in rapporto al vetro, l'elevata resistenza agli urti con assenza di scheggiamento, l'elevata trasparenza e trasmissione della luce e, per le lastre alveolari, la migliore capacità di isolamento termico e acustico¹.

In architettura, i rivestimenti di parete esterna possono essere realizzati con lastre piane, ondulate e alveolari. Rispetto ai rivestimenti di parete esterna in vetro, le plastiche trasparenti o traslucide offrono il vantaggio di un peso limitato e di un'elevata sollecitabilità con costi ridotti².

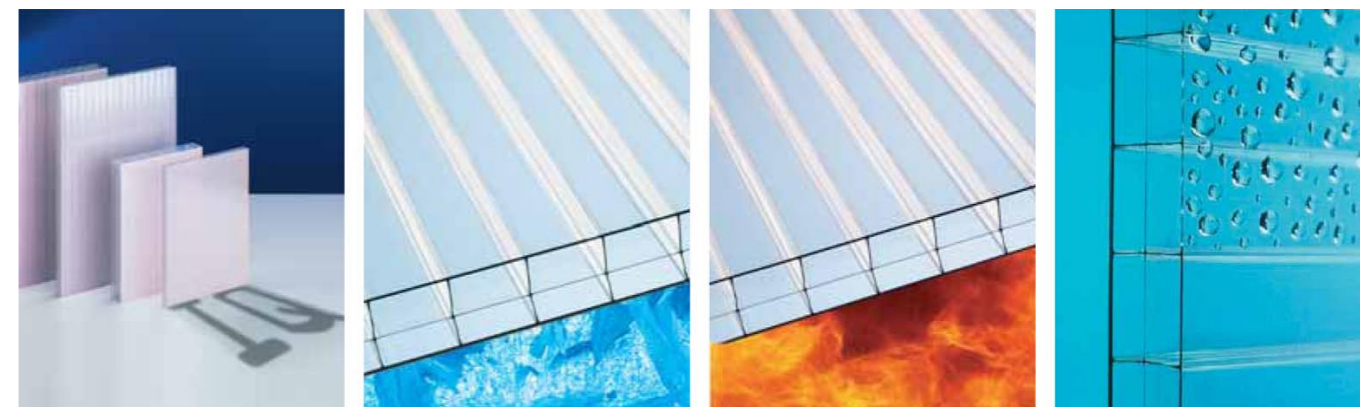
Per quanto riguarda il polycarbonato, le lastre compatte trasparenti hanno una percentuale di trasmissione della luce che varia, in funzione dello spessore, generalmente dal 90% per gli spessori più piccoli all'80% dei 15 mm, nelle lastre alveolari trasparenti si ha una variazione dall'82% al 48% (in funzione del tipo). Valori inferiori si hanno per le lastre colorate³.

Tabella – comparazione della percentuale di trasmissione luminosa tra lastre in polycarbonato compatte e lastre il polycarbonato compatte con finitura non riflettente e trattate contro i raggi UV su un lato⁴.

Trasmissione luminosa (%) - DIN 5036		
Spessori (mm)	Lastre PC compatte trasparenti	Lastre PC compatte con finitura non riflettente e resistenti UV su un lato
0,75	90	
1	90	83
1,5	89	83
2	89	82
3	88	
4	87	80
5	87	
6	87	
8	85	
10	83	
12	82	
15	80	

Per quanto riguarda il polimetilmetacrilato, tutte le fonti consultate forniscono come percentuale di trasmissione luminosa, per lastre compatte, sia colate che estruse, del 92% (DIN 5036)⁵ e un indice di rifrazione di 1,492⁶. Le lastre prodotte principalmente per assicurare elevate qualità ottiche sono colate.

Nonostante la maggiore trasmissione luminosa che il PMMA garantisce, rispetto ad esso il PC presenta inoltre un'altissima resistenza meccanica (20 volte il PMMA, 250 volte il vetro a parità di spessore)⁷.



Le lastre di polycarbonato possono essere sottoposte a trattamenti superficiali per ottenere:

- indurimento superficiale per una migliore resistenza all'abrasione;
- migliore resistenza alle azioni chimiche;
- protezione contro l'azione dei raggi ultravioletti;
- riduzione della trasmissione dei raggi infrarossi e quindi dell'effetto serra;
- riduzione sensibile del fenomeno della condensa.

L'eliminazione dei raggi ultravioletti e la riduzione della trasmissione di quelli infrarossi consentono di ridurre le alterazioni alle superfici protette, soprattutto se dipinte⁸.

Le lastre solitamente vengono prodotte per estrusione con filiera piana o stampaggio e, per motivi di trasporto e in dipendenza della larghezza di estrusione, sono disponibili in lunghezze prestabilite⁹.

Il polycarbonato viene prodotto sotto forma di lastre nella versione compatta o con struttura alveolare. I componenti, tagliati, sagomati o modellati per termoformatura trovano applicazione in situazioni in cui la superficie deve rimanere trasparente o con un effetto traslucido o di filtro colorato contro l'insolazione diretta. Il materiale unisce le caratteristiche dei metalli a quelle del vetro, poiché il polycarbonato presenta le caratteristiche di resistenza agli urti, è trasparente o colorabile, rigido e con una buona stabilità dimensionale, ha una elevata resistenza termica e un basso peso specifico, unendo elevate caratteristiche tecniche alla praticità e rapidità dei sistemi di posa in opera a secco. Le lastre sono montate a freddo con varie lavorazioni eseguite in opera per adattare le misure alle specifiche esigenze. Le lastre compatte e alveolari possono anche essere curvate su un sistema di centinatura e fino a un raggio minimo determinato dalla dimensione e dallo spessore dell'elemento utilizzato (vedi par. 4.3).

Le lastre in polycarbonato sono disponibili nel tipo ad alta trasparenza e con un elevato potere di trasmissione della luce, oppure, mantenendo le medesime doti tecniche, in più versioni con effetti fumé, opalescenti, traslucidi colorati o con tonalità bronzee per applicazioni dove occorre accentuare al massimo la diffusione della luminosità rispetto alla trasparenza, ridurre il passaggio della luce oppure annullarla per creare

Esempi "commerciali" di lastre alveolari con diverse caratteristiche, dal "no drop" all'isolamento termico

sistemi frangisole¹⁰.

Il notevole indice di rifrazione (vedi cap. 1) del policarbonato¹¹ contribuisce a rendere particolarmente lucente la superficie delle lastre che presentano una notevole resistenza a flessione e a trazione, insieme a tenacità, durezza e soprattutto resistenza all'urto. Le qualità tecniche rimangono immutate in un'ampia gamma di temperature di esercizio, sotto carico e soprattutto in climi molto rigidi. Fino a oltre -100 °C il materiale non risente di fenomeni di infragilimento, condizione che permette l'impiego del policarbonato anche in ambienti con forti carichi di neve e con ghiaccio persistente¹². La buona resistenza del policarbonato allo scorrimento permette di progettare elementi architettonici trasparenti senza dover ricorrere a un sovradimensionamento e quindi con un risparmio di materiale e di costi. Come succede con quasi tutti i materiali sintetici di origine polimerica, il policarbonato presenta però una scarsa resistenza sia agli agenti abrasivi e alle graffiature che all'azione dei raggi ultravioletti. L'applicazione di particolari composti protettivi, capaci di aumentare la resistenza all'abrasione, permette di realizzare lastre antigraffio che sono trattate su entrambe le facce con una pellicola in grado di rimanere aderente al manufatto e di assicurare un perfetto collegamento anche nelle condizioni climatiche più avverse. La produzione si differenzia in lastre normali da impiegare solo per interni e in lastre che contengono uno stabilizzante e sono rivestite da una pellicola protettiva posta sul lato destinato all'esterno, che funge da filtro contro l'irraggiamento solare diretto. La combinazione tra composti è in grado di proteggere a lungo la lastra contro gli effetti di invecchiamento e di ingiallimento prodotti dai raggi ultravioletti.

La conducibilità termica del policarbonato risulta inferiore a quella del vetro e si abbassa progressivamente nei tipi a struttura alveolare fino a raggiungere valori molto bassi nelle versioni con un elevato numero di pareti. Il comportamento al fuoco delle lastre, infine, consente l'impiego del policarbonato in tutte le situazioni dove sono richieste un'ottima resistenza alla fiamma, doti autoestinguenti e ridotte emissioni di gas tossici in caso di incendio¹³.

Il polimetilmetacrilato (denominazione chimica PMMA e commercialmente conosciuto come Plexiglas, Perpex, Altuglas ecc.) è indicato anche come vetro sintetico.

Si produce per colata o per estrusione. Pur mantenendo pressoché simili le caratteristiche fisiche, il primo tipo è preferibile quando si devono effettuare lavorazioni meccaniche (fresa, tornio, taglio laser, lucidatura sia a spazzola sia a fiamma) perché il processo produttivo per colata in forno o in autoclave non spezza la catena molecolare del monomero, facendolo rimanere più solido alle sollecitazioni degli utensili. La lastra estrusa è ottima per termoformatura o curvatura a freddo: la catena molecolare non è più concatenata appunto per la sua natura di estruso.

Le dimensioni delle lastre estruse, fermo restante le altezze massimo

di 2050 mm, presentano lunghezze producibili fino al trasportabile¹⁴.

Il colato ha come standard dimensioni producibili non oltre i 2050x3050 mm. Gli spessori vanno da 1 mm a 300 mm rimanendo trasparente tra 91-93% (vetro 89%) non producendo distorsioni anche nei massimi spessori¹⁵. Per sua natura, il PMMA è un forte filtrante ai raggi UV con garanzia decennale antinvecchiamento, anti-ingiallimento e antigrandine. Non è un autoestingente ma è classificato "combustibile non infiammabile".

Le lastre, per struttura, possono essere suddivise in compatte e alveolari.

4.2.1 Lastre compatte

Le lastre compatte, utilizzate per le coperture o per superfici trasparenti verticali, sono progettate dal punto di vista dimensionale in base alle condizioni (ambientali) previste per l'edificio o per stabilire l'interasse di eventuali sostegni intermedi dell'elemento trasparente, o per determinare le misure perimetrali dell'eventuale contorno portante¹⁶.

Le lastre compatte in *policarbonato* sono prodotte in una serie di spessori che in genere vanno da 3 a 15 mm o anche superiori per impieghi speciali. L'alta concentrazione molecolare consente al PC di essere piegato a freddo tramite comuni piegatrici per lamiera; è consigliabile, però, utilizzare lastre al massimo fino a 6 mm di spessore. Le lastre in PC si producono dimensionalmente con una larghezza standard di 2050 mm, le lunghezze da 3000 a 6000 mm, ma nascendo per estrusione i maggiori produttori, a richiesta, producono fino al trasportabile¹⁷.

Le lastre monolitiche rette o a sezione sagomata consentono di realizzare chiusure con superficie piana comunque orientata, disposte in verticale, a falda o in orizzontale con solo una lieve pendenza, oppure manufatti curvati in opera contro una struttura di sostegno e di guida. Le versioni a sezione retta possono essere ulteriormente lavorate mediante termoformatura che permette di ricavare manufatti rigidi e autoportanti, anche provvisti di nervature di irrigidimento ricavate in fase di produzione e in grado di aumentare la resistenza agli urti e ai carichi del sistema¹⁸. Il PC può essere lavorato in tutti i modi tipici per i materiali termoplastici, dallo stampaggio a iniezione all'estrusione; presenta una buona stabilità alle radiazioni forti e i manufatti con elevato spessore o con protezione UV (solitamente applicata solo sulla superficie esposta a condizioni esterne di semilavorati in lastre) offrono una buona resistenza agli agenti atmosferici¹⁹.

L'utilizzo di questa lastra è consigliato quando c'è un oggettivo bisogno di trasparenza non solo al fine di un impatto architettonico discreto. La leggerezza facilita inoltre l'abbattimento dei costi delle strutture portanti.

Le lastre dell'ultima generazione sono protette su ambo i lati da un

copolimero che le rende filtranti ai raggi UV al fine di renderle longeve (normalmente è assicurata una garanzia decennale antinvecchiamento, anti-ingiallimento e antigrandine). Da dati emersi alle prove allo Xeon dopo 10 anni di esposizione solare, la trasparenza decade di due punti percentuali dal 93% al 91%, è bene ricordare che in ogni caso il vetro è all'origine dell'89%²⁰.

Per ovviare all'inconveniente dei graffi dovuti ad abrasione, per le lastre esposte a tali evenienze, tipo atti vandalici, si possono richiedere lastre protette da un rivestimento superficiale su ambo i lati, tale protezione è dovuta da una coestrusione di PC e granulo altamente duro e cristallino che determina la protezione lasciando inalterata la trasparenza ed il peso²¹.

Il *polimetilmetacrilato* è un materiale fragile e con elevata resistenza, con un grande modulo di elasticità, una grande durezza di superficie (e quindi presenta un'elevata resistenza ai graffi) e, attraverso la lavorazione tramite polimerizzazione tra lastre di vetro, raggiunge un'ottima brillantezza superficiale. Resiste alle intemperie senza bisogno di stabilizzatori, ma è soggetto a fessurazioni sotto sforzo.

Le lastre in polimetilmetacrilato possono essere lavorate mediante stampaggio a iniezione, estrusione, oppure colate. Lavorato a polimerizzazione ammette successivamente solo la termoformatura, l'incollaggio o la lavorazione a intaglio. A causa del pericolo di fessurazione sotto sforzo bisogna evitare, in fase di lavorazione, l'insorgere di lavorazioni interne; non viene quindi normalmente prodotto in forma di lastre alveolari.

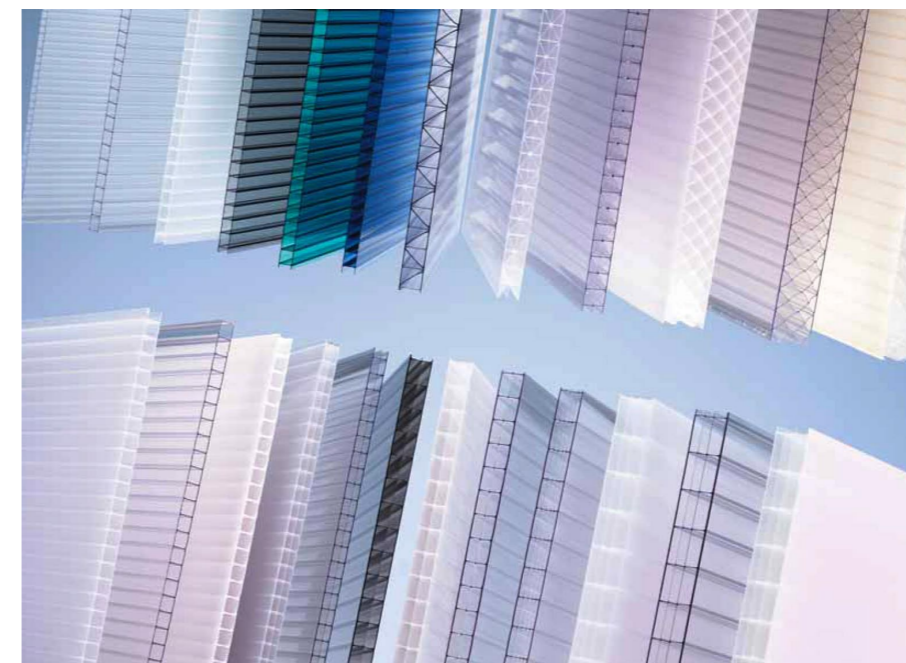
4.2.2 Lastre alveolari piane e lastre ondulate



Lastre ondulate trasparenti utilizzate come manto di copertura nel sito archeologico di Roselle, Grosseto

Le lastre alveolari di *policarbonato*, prodotte per estrusione e in diversi spessori, possiedono una struttura a cellule longitudinali con sezione quadrata, rettangolare o a triangolo con setti inclinati. Per valutare la grandezza dei singoli elementi e le distanze tra gli eventuali supporti intermedi richiedono le medesime precauzioni di calcolo richieste per le lastre compatte. Le dimensioni dell'alveolo e delle pareti che lo circondano variano in funzione dello spessore totale e, oltre al tipo più semplice con due pareti, è possibile utilizzare lastre fino a cinque pareti con giunti retti o conformati a tunnel arcuato con sagoma ribassata verso il lato corrispondente alla parte esterna per aumentare la resistenza complessiva all'urto e agli sforzi²². Sono formate da strati sottili superiori e inferiori, collegati fra loro da nervature per sopportare l'azione del taglio nella sollecitazione a flessione²³.

Le lastre alveolari sono prodotte per estrusione con setti orientati in direzione longitudinale a suddividere la lastra in celle conformate con sezione quadrata, rettangolare o a triangolo. Per aumentare la robustezza della lastra, vengono costruiti pannelli alveolari con setti incrociati in versione incrociata oppure con strato esterno di spessore rile-



vante in grado di resistere a urti anche particolarmente forti. La tecnica dell'estrusione continua permette di creare pannelli alveolari a bordi lisci, con lati muniti di incastri di qualunque forma per la connessione reciproca e impermeabile dei componenti affiancati oppure elementi con bordi a risalto longitudinale²⁴.

Le lastre mantengono le stesse caratteristiche del PC ma avendo una struttura alveolare hanno una maggiore leggerezza e di conseguenza un costo di molto inferiore. Anch'esse avendo una nascita per estrusione possono avere una lunghezza produttiva fino al trasportabile.

La sua natura multiparete, pur lasciando la trasmissione luminosa simile alle lastre compatte perde in qualità ottiche²⁵.

Le lastre in policarbonato sono disponibili anche in versione alveolare ondolata, solitamente a due pareti²⁶. La leggerezza, il potere isolante e la resistenza agli agenti atmosferici rendono queste lastre adatte all'utilizzo come manto di copertura. Il trattamento UV è applicato tramite procedimento di coestrusione. La trasmissione luminosa è circa del 72%.

Al di là delle caratteristiche generali, e che forniscono una traccia per la comprensione del comportamento dei materiali e quindi delle loro possibilità di utilizzo, occorre evidenziare che esistono produzioni di alcune proposte per materiali di ultima generazione che vanno a coprire dei settori finora inesplorati.

Lastre in PC alveolare denominate "no drop", grazie anche al basso coefficiente termico, abbassano il "punto rugiada" evitando il formarsi di condensa o scarsa formazione della stessa.

Tipi di lastre in PMMA sono create appositamente per la scomposizio-

Tubi innocenti e lastre alveolari trasparenti fissate con ganci metallici costituiscono la copertura del sito archeologico di Sassocorvaro, Ancona



ne direzionale dei Raggi UV in divergenza, oppure, altre, riescono ad abbattere dal 45 al 70% i raggi infrarossi.

I centri di ricerca delle maggiori aziende produttrici di PMMA partendo dal presupposto che, come statuto internazionale tra produttori il polimetacrilato filtra il 50% dei raggi UV-A, che portano al deterioramento molecolare, in combinazione ad esperti dei vari settori applicativi, su richiesta, producono lastre a schermo totale a tali raggi restando permeabili ad altri benefici, totalmente o in parte a secondo l'esigenza richiesta. Questo tipo di lastra potrà risultare utilissimo nella protezione dei superfici affrescate o mosaicate o in cui siano presenti pigmenti soggetti al deterioramento cromatico dovuto all'irraggiamento UV-A e UV-B.

Sfruttando tali ricerche, viene messa a disposizione dei ricercatori e dei progettisti una variegata produzione specifica, anche per la protezione di siti archeologici; occorre saper individuare, in combinazioni ad esperti nel settore dei tecnopolimeri, l'effettiva necessità di ciò che oggettivamente c'è da proteggere²⁷.

4.3 Lavorazioni a caldo e a freddo: quali possibilità morfologiche e adattative

Tra le proprietà delle materie plastiche, quella della lavorabilità è indubbiamente una delle più interessanti, in ragione del potenziale di adattabilità morfologica. Le lavorazioni possibili, a caldo e a freddo sono di diverso tipo; la possibilità "formativa" delle lastre dipende dal loro spessore e da eventuali trattamenti superficiali (come l'anti graffio, ecc.) che, se presenti, limitano alcune possibilità di lavorazione.

Le lavorazioni possono avvenire sia sulle lastre monolitiche o compatte che su quelle nervate o alveolari.

Le tipologie di lavorazione più frequentemente applicate sono:

- diversi tipi di lavorazioni all'utensile (taglio, trinciatura e punzonatura fino a spessori di 3 mm, foratura, fresatura, taglio al laser per geometrie complesse)
- diversi tipi di finitura (smerigliatura, verniciatura a stampa, stampa "trasfer" a caldo, ecc.)
- la curvatura a freddo (con un raggio di curvatura minimo corrispondente a 150 volte lo spessore della lastra (raggi più piccoli sono possibili ma con utilizzando il metodo della termoformatura)
- la piegatura a freddo (con angolature massime da rispettare in dipendenza dello spessore della lastre)
- la termoformatura:
 - curvatura a caldo
 - piegatura a caldo
 - formatura a caldo
 - imbutitura

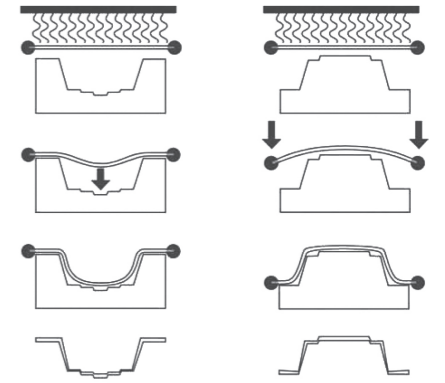


Tunnel trasparente in policarbonato a protezione della "galleria lapidaria", Ostia antica

soffiaggio
formatura ad alta pressione

formatura *twin sheet* - Due lastre riscaldate vengono inserite fra due stampi negativi. Con l'ausilio di aria compressa si realizzano così corpi cavi, per cui i particolari finiti presentano elevata rigidità strutturale abbinata a basso peso. Questo metodo permette di stampare e saldare contemporaneamente due lastre.

Per quando riguarda la curvatura a freddo, normalmente il raggio di curvatura minimo corrisponde al 150 volte lo spessore della lastra. Al di sotto di tale soglia la lastra inizia a subire stress e possono, nel tempo, presentarsi delle separazioni molecolari, fonte di indebolimento e perdendo di conseguenza elasticità e resistenza²⁸. Questo tipo di lavorazione può essere applicata a tutte le lastre, tranne su quelle con lavorazioni particolari²⁹.



Termoformatura; stampi negativi vengono utilizzati per conferire un maggior grado di dettaglio al lato esterno della lastra, stampi positivi al lato interno



Lastre applicate in contesto archeologico a protezione di un lacerto di dipinto murale; la piegatura superiore consente lo scivolamento delle acque meteoriche e la cerniera consente il monitoraggio di dispositive e pittura murale

Polimetilmetacrilato, e i metacrilati in generale, e policarbonato possono essere lavorati con il sistema della curvatura a caldo, nella produzione standard attuale per realizzare cupole, tunnel, lucernari, ecc. Le lastre vengono portate gradatamente a una temperatura superiore a quella di transizione vetrosa del polimero, in forno a circolazione d'aria e adagiate in sviluppo sullo stampo. Si ottiene così un manufatto che non presenta zone stirate e quindi una costanza di spessore difficilmente ottenibile con altre tecniche di termoformatura. La resistenza all'urto risulta in questo modo uniforme in ogni punto e di valore più elevato a parità di spessore rispetto alla lastra curvata a freddo, poiché il processo di termoformatura induce un parziale orientamento delle molecole del polimero. Questa operazione può essere realizzata su lastre monolitiche e non su lastre alveolari³⁰.

In fase di stampaggio possono essere ricavate costolature di irrigidimento che rendono l'elemento autoportante e capace di resistere alle sollecitazioni statiche e dinamiche. L'assenza di cerniere metalliche evita la formazione di ponti termici e quindi di superfici soggette a probabile formazione di condensa; l'elemento complessivo, parti curve e costolature, è peraltro in questo modo completamente trasparente. Eventualmente elementi di fissaggio tipo cerniere possono essere in lega di alluminio estrusa (UNI 9006/1)³¹.

Il metacrilato o il policarbonato in lastra monolitica hanno una buona curabilità a freddo che nella operazione di piegatura induce un certo grado di tensione che va calcolato in base al diametro di curvatura e allo spessore della lastra utilizzata.

Per il policarbonato estruso alveolare, a causa della particolare struttura rigida del semilavorato, a doppia parete o più con nervature, si deve porre attenzione a non utilizzare lastre curvate a freddo con raggi inferiori a 150/175 volte lo spessore della lastra affinché lo stress di sovratensione non abbia nel tempo effetti negativi sulle prestazioni meccaniche del prodotto.

Il policarbonato alveolare è più soggetto al fenomeno di decadimento delle caratteristiche ottiche (ingiallimento) se almeno la parte esterna, quella esposta agli agenti atmosferici, non è protetta da raggi UV³². Le lastre alveolari di policarbonato vengono prodotte con un procedimento di estrusione, nascono piane e, se necessario, vengono successivamente curvate a freddo nella direzione di estrusione. Il processo di coestrusione "applica la protezione all'atto stesso della creazione della lastra generando, sul lato esterno, una protezione contro l'azione dei raggi ultravioletti, in grado di filtrare l'intera radiazione ultravioletta limitando il fenomeno di riduzione della trasparenza con graduale ingiallimento e infragilimento del materiale. Le lastre con strato coestruso sono attualmente garantite per 10 anni (per spessori superiori a 4 mm) per la trasparenza e la rottura da grandine"³³.

Il contenuto tecnologico di questi polimeri trasparenti, che possono essere "plasmati" a seconda delle esigenze e a seconda delle necessità,

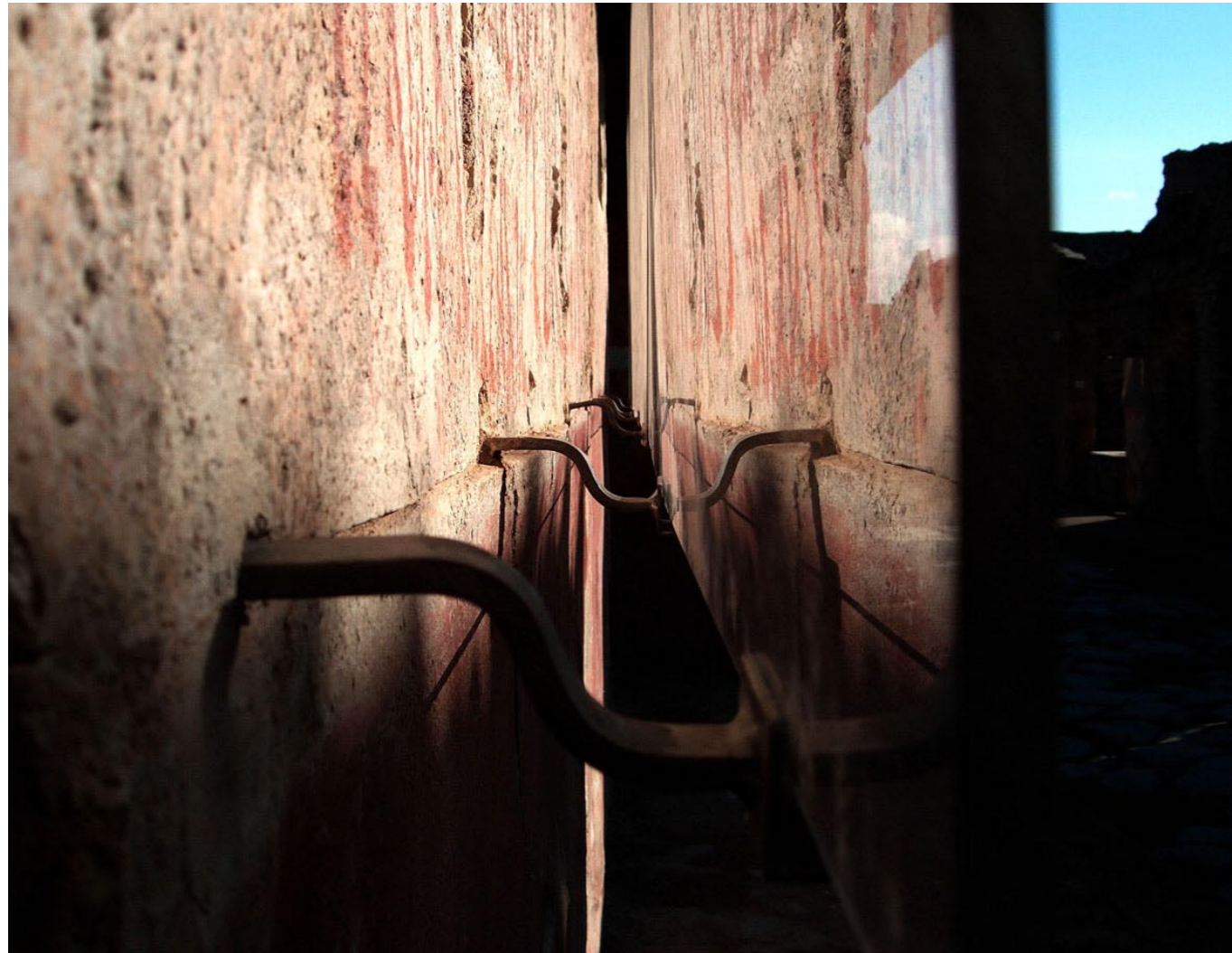
Lastra alveolare traslucida in policarbonato montata mediante un leggero telaio sulla muratura storica di sacrificio, in sommità, per proteggere il lacerto di pittura murale



Dettaglio di un sistema di aggancio applicato negli anni Sessanta ad una muratura storica del sito di Pompei a sostegno di una lastra in vetro. Il dispositivo è irremovibile a meno di causare la perdita di una consistente parte della muratura originale



Lastra in policarbonato trasparente collocata a protezione di una iscrizione elettorale, sito archeologico di Pompei; la lastra sfrutta gli agganci preesistenti, non removibili



Sito archeologico di Pompei. Lastra in polycarbonato trasparente montata sfruttando gli agganci preesistenti e non removibili

è quindi decisamente elevato, così come le possibilità “compositive” e morfologiche, con l'accortezza di rispettare i limiti del materiale. Le caratteristiche positive e le tecniche di lavorazione si sono sempre più perfezionate, e si stanno perfezionando, per superare anche i limiti storici della *plastica*, come si assiste nell'architettura contemporanea, che sfrutta i materiali di sintesi e la proprietà della trasparenza per edifici di altissima qualità estetica e con altissime prestazioni del materiale. Tra i termoplastici di ultima generazione, sono i Policarbonati e i Polimetilmetacrilati nelle loro forme diverse attualmente prodotte, validi materiali atti alla tutela di opere da proteggere da intemperie, piogge acide, raggi solari, insemminazione eolica e tutto ciò che può portare al deterioramento del patrimonio archeologico e non solo.

4.4 Requisiti dei sistemi di fissaggio alle strutture storiche

Gli interventi di restauro e di protezione non possono essere accomunati o definiti secondo criteri prestabiliti; non esiste la *buona pratica* in interventi che sono da considerare *caso per caso* per le proprie specificità, se non quella descritta dai principi guida del restauro. Ma di fatto l'analisi della caratteristica e proprietà della trasparenza riferita a componenti e a sistemi tecnologici applicati ai beni monumentali non possono prescindere dal considerare il *sistema* costituito dalla materia da proteggere/valorizzare e dal componente.

Uno degli elementi critici consiste proprio nel sistema di aggancio e collegamento tra la tecnologia e la superficie storica, peraltro secondo due livelli: l'aggancio di una lastra con l'altra, per dare continuità a una superficie trasparente, e l'aggancio tra componente e superficie storica.

Per quanto riguarda il montaggio delle lastre in materiale plastico e la connessione tra una lastra e l'altra, oltre al grande vantaggio della tecnologia a secco, non esistono particolari problemi di connessione tra i componenti, eccetto la considerazione della dilatazione termica, che ad esempio nel polycarbonato ha valori di otto volte superiori rispetto al vetro, e in generale, in funzione del materiale e dello spessore della lastra, si possono avere dilatazioni termiche in lunghezza da 3 a 5 mm per metro corrente. Le lastre di plastica vengono fissate normalmente con mezzi di connessione presenti sul mercato in dipendenza delle caratteristiche e delle possibilità di lavorazione che ciascuna materia plastica sopporta e della tipologia della struttura della lastra³⁴.

Più complesso è il rapporto tra nuovo sistema tecnologico e preesistenza. Il montaggio della tecnologia di protezione mediante componenti trasparenti, a seconda della necessità, può generalmente essere ricondotto ai seguenti due casi:

- l'elemento trasparente è completamente sganciato dal bene storico e si pone come una sorta di scatola/involucro (caso riconducibile alle strutture di copertura che affidano la trasparenza al manto o a chiusure o partizioni verticali con lastre montate su telai indipendenti dalla struttura storica);
- il componente trasparente si serve di elementi preesistenti integrati alla materia storica ma considerati di sacrificio o edificati appositamente come parti di sacrificio.

A meno che non sussista la presenza di elementi posti in opera in restauri precedenti, che non presentino valori storici e tantomeno estetici, basati su approcci invasivi e irreversibili a meno di perdere parte della materia antica (situazione che consente di sfruttare le superfici moderne per agganciare i dispositivi di protezione), il problema dei sistemi di aggancio si pone come aspetto critico in particolare per quanto riguarda la reversibilità e la compatibilità fisico-chimica tra nuovi materiali e struttura antica.



Sperimentazione in laboratorio dei dispositivi a memoria di forma, testati per la movimentazione in funzione della temperatura di una lastra in policarbonato trasparente

Oltre al problema del montaggio, l'adozione di sistemi protettivi trasparenti pone il problema del microclima che si instaura tra lastra e paramento, soprattutto nel caso di lastre collocate a protezione di superfici esterne; l'intercapedine sarà necessaria per favorire una adeguata circolazione dell'aria, ma non troppo ridotta al fine di evitare micro-vortici nell'intercapedine stessa, che provocano un effetto erosivo sulle superfici. La distanza tra lastra e superficie dovrà essere progettata con estrema cura in dipendenza delle condizioni ambientali e climatiche del luogo.

4.4.1 Dispositivi innovativi a memoria di forma

Tra le possibilità introdotte dalle tecnologie innovative per progettare sistemi di aggancio che consentano di ovviare al problema microclimatico dell'intercapedine tra lastra e superficie, vi sono i dispositivi di aggancio basati su leghe metalliche a memoria di forma³⁵; sui potenziali utilizzi di queste leghe è stata condotta uno studio durante il cantiere di restauro delle facciate lungo di via dell'Abbondanza nel sito archeologico di Pompei, e una sperimentazione in laboratorio.

I dispositivi a memoria di forma possono consentire un posizionamento ottimale delle lastre di protezione ed un loro agevole smontaggio e rimontaggio, finalizzato ad una manutenzione periodica. Sulle superfici dipinte durante i mesi estivi si possono raggiungere temperature

elevate a causa dell'esposizione diretta alla radiazione solare, il cui effetto viene accresciuto dalla eventuale presenza di lastre trasparenti di protezione che inducono un *effetto serra*.

I dispositivi in Leghe a Memoria di Forma (Shape Memory Alloys)³⁶ consentono di movimentare la lastra al variare della temperatura per consentire una migliore circolazione dell'aria. Il dispositivo è formato da due molle, una a memoria di forma e l'altra in normale acciaio: la differenza di rigidità tra le due, al variare della rigidità della molla a memoria di forma, consente alla lastra di avvicinarsi e allontanarsi dalla parete. In particolare, tale sistema è in grado di determinare autonomamente un posizionamento ottimale della lastra in funzione della temperatura, avvicinandola alla parete da proteggere se la temperatura della superficie non è troppo elevata, ed allontanandola nel caso contrario per consentire una migliore circolazione dell'aria.

Nel cantiere di via dell'Abbondanza sono state effettuate varie campagne di rilevamento della velocità media con cui il vento impatta sugli affreschi, delle temperature e dei valori di umidità presenti. I dati ottenuti sono stati utilizzati per riprodurre in condizioni controllate, in laboratorio, il microclima che si instaura tra le lastre di protezione e la parete, per il cui studio sono state anche eseguite varie simulazioni numeriche. In particolare, è stato fondamentale determinare l'intervallo di temperature di esercizio, oltre al vento e ai valori di umidità, poiché proprio in conformità a questo parametro viene scelto il tipo di lega a memoria di forma adatta al caso³⁷.

La combinazione di idonee lastre trasparenti e di dispositivi innovativi in grado di adattare le proprie dimensioni in base a parametri quali la temperatura, costituiscono un esempio del *portato* che tecnologie sviluppate per altri settori possono avere del campo dei beni culturali.

In particolare la sperimentazione sopra descritta e che sfrutta le leghe a memoria di forma, ha costituito un punto di partenza anche per altre applicazioni connesse al restauro, dalle tecniche di reintegrazione allo studio di dispositivi atti a ricucire lesioni strutturali.

Note

¹ A. CUSTODI, *L'utilizzo di lastre di policarbonato nel campo archeologico*, in "Coperture per aree e strutture archeologiche: repertorio di casi esemplificativi", a cura di N. Santopoli e S. Santoro, supplemento ad Arkos n.1/2000, UTET, Torino 2000, p. 7. "In particolare, per la leggerezza, si osserva che una lastra di vetro spessa 4 mm pesa 10 Kg/mq mentre un'analogha lastra compatta di policarbonato pesa 4,8 Kg/mq, mentre le lastre alveolari pesano da 0,8 a 4 Kg/mq (per spessori variabili, con varie tipologie da 4 a 40 mm). Per quanto riguarda la resistenza al fuoco, il policarbonato viene definito, con riferimento alle varie normative internazionali, come autoestinguento e la densità dei fumi emessi, in condizioni di combustione forzata, è molto bassa".

- ² Come semilavorati per lastre di facciata vengono fondamentalmente utilizzate le seguenti plastiche: PMMA (polimetilmetacrilato), PC (policarbonato), UP (resina poliestere insatura), PET (polietilentereftalato) e PVC (polivinilcloruro). Nella scelta del materiale si devono rispettare le norme di protezione antincendio. In linea di principio PET e PVC rispettano le richieste della classe di materiali B1. PMMA e PC appartengono alla classe di materiali B2. I singoli prodotti possono tuttavia deviare dalla classificazione generale per una composizione speciale (ad esempio con l'aggiunta di prodotti antinfiamma). Il vetro acrilico (PMMA) ha una notevole resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi UV, tutte le altre plastiche summenzionate hanno di solito una garanzia di dieci anni. Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, Utet scienze tecniche, Torino 2006, p. 115.
- ³ A. CUSTODI, *L'utilizzo di lastre di policarbonato ...*, op. cit., p. 7.
- ⁴ Dati desunti dalle schede tecniche Bayer (febbraio 2008) per le lastre compatte in policarbonato Makrolon® GP clear 099 e Makrolon® NR clear 099 (finitura non riflettente e resistenza ai raggi UV su un lato).
- ⁵ La percentuale di trasmissione luminosa totale per lastre in PMMA del 92% è riportata da Caoduro (che assegna il 91% di trasmissione alle lastre in PMMA antiurto), dalla linea di lastre Altuglas® della Altiglas Internationa (Gruppo Arkema), che riporta come normativa di riferimento per il valore di trasmissione, oltre che la DIN 5036, anche la ISO T51068. Per l'indice di rifrazione, le schede tecniche di queste lastre, colate ed estruse, riportano la norma DIN 53491 e indicano un valore di 1,492. Le schede tecniche della linea di polimetilmetacrilato Plexiglas® di Rohm (Degussa) attribuiscono una trasmissione luminosa del 92% a tutti gli spessori delle lastre.
- ⁶ Il valore di 1,492 è confermato in H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, Edizione Tecniche Nuove, Milano 2006, p. 674, dove si specifica che l'indice di rifrazione misurato è n_D a 20 °C, dove n_D è la curva-D-sodio a 589 nm; l'indice di rifrazione dipende infatti dalla lunghezza d'onda della luce, e diminuisce con l'aumentare della temperatura.
- ⁷ Dato desunto da un confronto con l'Istituto Italiano Plastici di Bergamo.
- ⁸ A. CUSTODI, *L'utilizzo di lastre di policarbonato ...*, op. cit., p. 7.
- ⁹ H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, op. cit., pp. 699-712.
- ¹⁰ Cfr. U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, in "Il Nuovo Cantiere", n. 4, aprile 2004, pp. 135-139.
- ¹¹ L'indice di rifrazione del policarbonato è indicato dalle schede tecniche Bayer (febbraio 2008) per le lastre compatte di 1,586 (prova ISO 489) misurata a 20 °C; cfr. H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, op. cit., p. 674, in cui l'indice di rifrazione (n_D , curva-D-sodio a 589 nm) è indicato a 1,58-1,59.
- ¹² Le schede tecniche per le lastre compatte in policarbonato della Bayer (febbraio 2008) garantiscono la resistenza in un campo di temperature da -100 °C a +120 °C.
- ¹³ Cfr. U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, op. cit., pp. 136.
- ¹⁴ H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, op. cit., pp. 227-245.
- ¹⁵ Dato fornito dall'Istituto Italiano Plastici, contributo dell'ing. Stefano Bongiani dal titolo *L'impiego dei materiali termoplastici nella tutela del patrimonio culturale*, al Convegno "Coperture di aree e strutture archeologiche", Bologna, 20 ottobre 2000.
- ¹⁶ Cfr. U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, op. cit., p. 135.
- ¹⁷ Dato fornito dall'Istituto Italiano Plastici.
- ¹⁸ Cfr. U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, op. cit., p. 137.
- ¹⁹ H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, op. cit., pp. 462-462.
- ²⁰ Dato fornito dall'Istituto Italiano Plastici, Bergamo.
- ²¹ Dato fornito dall'Istituto Italiano Plastici, Bergamo.
- ²² Cfr. U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, op. cit., p. 137.
- ²³ H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, op. cit., p. 236.
- ²⁴ Cfr. U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, op. cit., p. 136.
- ²⁵ Dato fornito dall'Istituto Italiano Plastici, che riporta anche il policarbonato alveolare in moduli che, unitamente a tutte le caratteristiche del policarbonato già elencate, si rifà alla filosofia dell' U-Glass in vetro, unendo la leggerezza e l'estrema facilità di montaggio alla duttilità propria del PC. È prodotto in moduli da 250 a 333 mm che si uniscono tra loro tramite maschio-femmina ad incastro che garantisce l'assenza di infiltrazioni d'acqua. Viene consigliato in particolare, avendo una portanza superiore

alle lastre, vista la nervatura degli incastri, per campate fuori norma. Anche in questo caso come estruso viene prodotto standard da 6500 mm e a richiesta fino al trasportabile.

²⁶ dato estratto da *Scheda tecnica Bayer*, novembre 2003.

²⁷ Dato fornito dall'Istituto Italiano Plastici.

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ Le schede tecniche di Bayer (febbraio 2008) specificano che le lastre anti-graffio non possono essere lavorate con piegatura a freddo.

³⁰ Cfr. il *Manuale Tecnico per prodotti termoformati* di Caoduro (2008), fornito direttamente dall'azienda e disponibile sul sito web.

³¹ *Ibidem*.

³² *Ibidem*.

³³ A. CUSTODI, *L'utilizzo di lastre di policarbonato ...*, op. cit., p. 7.

³⁴ Cfr. M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, "Atlante dei materiali", op. cit., p. 115 e U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, op. cit. 137.

³⁵ Una sperimentazione di questi dispositivi in applicazioni collegate alla protezione delle superfici storiche è stata condotta nell'ambito del progetto di restauro del cantiere di via dell'Abbondanza a Pompei (Soprintendenza archeologica di Pompei, Università di Ferrara - Centro DIAPReM del Dipartimento di Architettura, Sapienza, Università di Roma, Facoltà di Architettura Valle Giulia, Il Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, sede di Forlì); la sperimentazione, effettuata presso i laboratori della sede di Forlì della Facoltà di Ingegneria, ha abbinato lastre trasparenti in policarbonato prodotte dalla Bayer Sheet Europe GmbH con protezione contro i raggi UV e dispositivi a memoria di forma, progettati e sperimentati presso i suddetti laboratori dopo aver effettuato una campagna di misurazioni sui parametri climatici del sito archeologico di Pompei.

³⁶ Il termine *Shape Memory Alloys* viene riferito ad una famiglia di leghe metalliche, quali le leghe nickel-titanio (NiTi) e quelle a base di rame (CuZnAl e CuAlNi), sensibili ai cambiamenti di temperatura e capaci di modificare la loro forma in una struttura programmata tramite un effetto memoria. Una ulteriore caratteristica di queste leghe è il fenomeno della superelasticità: se l'oggetto in questione viene sottoposto a grandi deformazioni fino a circa il 15% della lunghezza iniziale, entro un intervallo di temperature caratteristiche della particolare lega, risulta in grado di recuperarle.

³⁷ Cfr. I. MÜLLER, A. MUSOLFF, N. SANTOPUOLI, L. SECCIA, *Shape memory alloys for the conservation of cultural heritage: new applications also for a real reversibility in the restoration operation*, in "Atti del XIX Convegno di Studi", Bressanone 1-4 luglio 2003, a cura di G. Biscontin e G. Driussi, Venezia 2003, pp. 235-241, S. GIALANELLA, N. SANTOPUOLI, L. SECCIA, E. TROIANI, V. VIRGILLI, *Sistemi intelligenti in leghe a memoria di forma per la protezione di affreschi*, in "Atti del IV Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Archeometria", a cura di Claudio D'Amico, Pisa, 1-3 febbraio 2006, Patron Editore, Bologna 2007, pp. 879-890, A. S. CURUNI, F. MAIETTI, N. SANTOPUOLI, L. SECCIA, E. TROIANI, V. VIRGILLI, S. VANACORE, D. DE VINCENZO, E. CONCINA, *Il consolidamento degli apparati decorativi mediante dispositivi a memoria di forma: il progetto di ricerca sui dipinti murali di via dell'Abbondanza a Pompei*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi. Conoscenze, orientamenti, esperienze", Atti del XXIII Convegno "Scienza e Beni Culturali", Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Editore, Venezia 2007, pp. 439-448; N. SANTOPUOLI, L. SECCIA, E. TROIANI, V. VIRGILLI, *Dispositivi a memoria di forma per la protezione di superfici affrescate: indagini microclimatiche, progetto, simulazioni e sperimentazione*, in "Pompei. Via dell'Abbondanza. Ricerche, restauri e nuove tecnologie" a cura di Spridione Alessandro Curuni e Nicola Santopuoli, Skira Editore, Milano 2007, pp. 197-202.

Le caratteristiche tecniche dei materiali plastici, in forme di elementi di chiusura verticali od orizzontali, di lastre protettive o di pannelli di diversa morfologia, e la proprietà della trasparenza possono rappresentare, negli interventi sulla materia antica, un sistema di protezione e un *mezzo* di fruizione e valorizzazione con grandi potenzialità legate agli ampi livelli di compatibilità con i requisiti che un intervento sulle superfici storiche richiede. Il capitolo affronta la questione tra l'inalterabilità del *documento* e la necessità di una sua conservazione materiale, confrontando, accostandole in modo critico, le esigenze che gli interventi di restauro pongono in rapporto all'esigenza di protezione, che non sempre risolve al contempo l'esigenza di reversibilità dell'intervento o della fruizione. Il capitolo inquadra, in collegamento con quanto sopra specificato, i requisiti che i materiali di sintesi trasparenti devono soddisfare in relazione all'applicazione di componenti su superfici esterne storiche soggette al degrado meccanico, antropico e ambientale e dovuto al microclima, e in relazione all'impatto visivo e agli aspetti immateriali che un intervento richiede e che possono essere soddisfatti dalla *trasparenza*, riprendendo i significati illustrati nel primo capitolo e ricollegandosi alla duplice esigenza di protezione e *lettura*. A tal proposito sono risultati determinanti ai fini della ricerca i contatti con le aziende e con il mondo della produzione. Dati critici che vengono riportati in sintesi al fine di tracciare un quadro prestazionale dei materiali e fornire uno spettro degli attuali punti di contatto e di interesse tra mondo delle materie di sintesi ed esigenze della conservazione. Il capitolo consente un confronto con i contenuti dei due capitoli precedenti, che tracciano un quadro prestazionale di sintesi relativo ai materiali trasparenti, alle possibilità morfologiche e dei sistemi di aggancio lastra-paramento.

Quadro esigenziale degli interventi protettivi e requisiti dei materiali di sintesi trasparenti

“... E poi, questo corpo è leggero, è trasparente, è imponderabile. Niente è meno cosa di lui: corre, agisce, vive. Desidera. Si lascia attraversare senza resistenza da tutte le mie intenzioni.”

Michel Foucault, *Il corpo, il luogo di utopia*, Roma, nottetempo, 2008

- 5.1 Introduzione
- 5.2 Il quadro esigenziale per gli interventi di protezione
 - 5.2.1 Dispositivi temporanei in fase di cantiere
 - 5.2.2 Dispositivi temporanei a protezione dei manufatti storici
 - 5.2.3 Strutture e dispositivi permanenti
 - 5.2.3.1 Lastre verticali
 - 5.2.3.2 Elementi di copertura (lastre orizzontali)
- 5.3 *Filtri di architettura*: aspetti immateriali della trasparenza negli interventi di restauro
- 5.4 Necessità evidenziate attraverso il rapporto con il mondo della produzione

5.1 Introduzione

“La testimonianza sensibile colpisce la fantasia assai più delle memorie e delle tradizioni che hanno bisogno di uno sforzo intellettuale riflesso [...]. I resti materiali e la trattazione scritta costituiscono i fondamenti su cui si ricostruisce la storia del passato. Senza la storia della tradizione la storia è come un paesaggio muto. Ma senza i resti materiali essa è come un'eco di cose raccontate e riportate, non viste, per le quali manca il sapore dell'esperienza diretta. [...] L'oggetto antico - se giunge fino a noi e per quanto in esso conservato - costituisce una verità certa, intatta: una testimonianza alla stato puro”¹.

Definire le esigenze che il patrimonio storico-architettonico, in relazione agli interventi collegati al restauro, alla protezione delle superfici e alla valorizzazione, è compito arduo, se non impossibile in termini e *scorretto* nel significato. Ciascuna architettura storica, qualunque sia la sua *consistenza*, presenta diverse esigenze, più o meno complesse, in relazione a una quantità di fattori molto complessa, a partire dai *valori riconosciuti* che quell'architettura storica è in grado di trasmettere, dall'importanza testimoniale, dalla consistenza materica, dalle condizioni di conservazione della materia, dal contesto (non solo fisico ma anche ambientale e climatico), dallo *sfruttamento* del bene stesso (se aperto al pubblico e soggetto a flussi turistici), e da molti altri fattori che devono necessariamente essere presi in considerazione per approssicare qualunque aspetto conservativo si voglia trattare. Esigenze e prestazioni vengo qui tracciate secondo una considerazione critica

Strutture permanenti di copertura nel sito archeologico di Eraclea Minoa



dell'istanza conservativa del patrimonio dei beni culturali. I metodi sono estremamente variabili in relazione alla natura di ciò che si conserva ed alla misura ed ampiezza della sua utilizzazione sociale ed individuale. “In realtà, per questo tipo di interventi, la prassi cosciente è fondata sul dubbio e sulla specificità del carattere della singola circostanza”².

Non si ha la pretesa in questa sede di approfondire l'argomento, ma solo di sintetizzare un possibile quadro esigenziale complessivo al fine di comprendere quale possa essere il contributo della tecnologia contemporanea e in particolare dei materiali trasparenti in collegamento alla materia storica.

L'argomento si configura quindi come una trama di questioni aperte, laddove occorre salvaguardare la consistenza materica della struttura storica e consentire la sua *lettura* e frequentazione. Diverso peso assumono di volta in volta questioni conservative, di fruizione, didattiche, economiche, sperimentali, ecc. e questa molteplicità di ambiti porta a richiedere la soluzioni diverse, laddove sono compresenti diverse istanze³.

5.2 Il quadro esigenziale per gli interventi di protezione

Le classi di esigenze come esplicitazione di bisogni⁴, in questo caso rivolti alla conservazione di beni aventi valore testimoniale, hanno significato particolare nel processo conservativo, nell'ambito del quale le varie *istanze* devono convivere in ogni parte dell'intervento.

L'assimilazione tra “processo conservativo” e “processo edilizio”, più volte riscontrato nella letteratura in materia⁵ nasce dalla constatazione di interventi spesso indifferenziati e caratterizzati da una notevole obsolescenza in un arco temporale piuttosto breve; ciò ha portato, tra gli studiosi del settore, a una serie di riflessioni di carattere tecnico-scientifico creando un atteggiamento *critico* sulle questioni qualitative del costruito indirizzato verso la cultura esigenziale-prestazionale, imperniata su esigenza, requisito e prestazione; questo atteggiamento deve tenere conto della specificità dell'ambito e dell'assunto che ogni intervento rappresenta un caso a sé e che possono sussistere esigenze molto diverse, da parte del bene da proteggere e quindi da parte della struttura, dei materiali e dei componenti tecnologici e, di conseguenza, che non è possibile ricorrere e a pericolose generalizzazioni. “Il *requisito* è la richiesta rivolta ad un determinato elemento edilizio (spazio, ambiente o componente) di possedere caratteristiche di funzionamento tali da soddisfare determinate esigenze: tali caratteristiche sono caratteristiche funzionali, che devono essere realizzate comunque, indipendentemente dal materiale con cui quell'elemento edilizio è realizzato. Le *prestazioni* descrivono, invece, il comportamento di un determinato componente o elemento edilizio all'atto dell'impiego”⁶. Mentre quindi l'esigenza è quanto viene richiesto dal normale e

funzionale svolgimento di un'attività di un determinato utente elemento tecnologico, il requisito è la traduzione di un'esigenza in un insieme di caratteristiche e la prestazione è il comportamento che un prodotto o dei suoi componenti hanno in determinate condizioni d'uso, d'ambiente o di sollecitazione. L'esito conservativo, di fatto, non è però solo collegabile alla rispondenza di una serie di esigenze ad altrettante soluzioni prestazionali che in sé possono risultare tecnicamente rispondenti; il rispetto delle istanze storiche ed estetiche ricade in un ambito difficilmente "controllabile"⁷.

In linea generale, gli interventi di protezione esterne per strutture e superfici storiche devono difendere il manufatto e rispondere a una serie di sollecitazioni esterne riconducibili a⁸:

- agenti atmosferici
- sbalzi termici
- irraggiamento solare
- vento
- umidità di risalita capillare o per infiltrazione
- cristallizzazioni saline
- fenomeni di origine biologica
- fenomeni di origine chimica
- agenti inquinanti
- fenomeni di origine fisico-meccanica
- degrado antropico

Oltre a ciò, in dipendenza del tipo di protezione richiesta e quindi dei componenti che è necessario porre in opera (lastre verticali a protezione di superfici oppure componenti orizzontali in strutture di copertura) devono essere soddisfatti, oltre alle caratteristiche tecnologiche richieste caso per caso, i principi minimo intervento, reversibilità, distinguibilità, compatibilità, visibilità e facilitazione di una corretta lettura del manufatto.

Le diverse esigenze dipenderanno anche dalla destinazione del sito, del reperto o del monumento, dalla sua tipologia, valenza archeologica, culturale, dalla sua potenziale fruibilità e valorizzazione.

Inoltre, tra i diversi criteri da considerare nel tracciare un quadro esigenziale è quello, più comune e anche più discusso, della *durata* che tali dispositivi devono garantire e del momento in cui devono essere posti in opera. Le caratteristiche tecnologiche e le modalità di realizzazione saranno molto diverse per i dispositivi permanenti, con valenza *definitiva*, realizzati al termine degli interventi e funzionali alla conservazione prolungata, alla fruizione e alla valorizzazione del sito rispetto a quelli progettati come temporanei e che quindi devono soddisfare esigenze diverse a seconda dei singoli casi; in questo caso assumono fondamentale importanza l'impatto ambientale e visivo-percettivo. La probabilità che, per diverse cause, una struttura o un dispositivo di pro-

tezione provvisorio diventi permanente, e, approntata per soddisfare esigenze di emergenza, non presenta i requisiti tecnologici ed estetico-funzionali per proteggere permanentemente le strutture storiche, andando essa stessa incontro a deterioramento.

Una elenco o una classificazione convenzionali si possono basare sulla configurazione dei sistemi di protezione e sulle caratteristiche tecnico-funzionali⁹:

- tessuti, teli, reti, ecc.
- strutture e componenti orizzontali o verticali (provvisori o permanenti)
- inglobamento in nuovi "contenitori" (edifici, costruzioni ipogee)
- protezioni localizzate (piccole coperture modulari, lastre verticali, ecc.)
- reinterro

Ci si riferisce, in questo contesto, esclusivamente alle strutture e ai componenti orizzontali o verticali, che possono avere carattere di provvisorietà o di permanenza, e alle protezioni localizzate in forma di lastre. Esistono tre livelli a cui possono essere riconducibili i dispositivi di protezione: dispositivi temporanei di protezione necessari a proteggere e schermare il manufatto durante il cantiere di restauro, strutture o dispositivi temporanei che hanno il compito di proteggere il manufatto, strutture e dispositivi di protezione permanenti.

5.2.1 Dispositivi temporanei in fase di cantiere

Dispositivi temporanei di protezione possono essere necessari non solo a proteggere e schermare il manufatto durante il cantiere di restauro e di scavo, ma anche a rispondere all'esigenza di sicurezza del cantiere stesso e consentire il lavoro agli operatori.

Il primo tipo di protezione deve soddisfare innanzitutto la sicurezza di



Struttura provvisoria per il restauro del monolite di copertura del Mausoleo di Teodorico, Ravenna. Per consentire la percezione del monumento e dei lavori, per le chiusure verticali e il manto di copertura sono stati utilizzati pannelli in policarbonato trasparente ma di coloritura bronzea per ridurre la trasmissione termica



beni e persone e consentire lo svolgimento dei lavori oggetto del cantiere, e può richiedere in taluni casi la visibilità delle operazioni sul manufatto storico, esigenza su cui si può innestare il requisito di un dispositivo trasparente o parzialmente trasparente, e combinare parti in cui è richiesta la trasparenza e parti che devono invece essere filtranti.



5.2.2 Dispositivi temporanei a protezione dei manufatti storici

Ci si riferisce a strutture o dispositivi temporanei che hanno il compito di proteggere il manufatto, a cui possono essere riconducibili le coperture che nascono con carattere di provvisorietà in attesa di una soluzione definitiva; le strutture provvisorie sono solitamente caratterizzate da semplicità compositiva, economicità e rapidità di montaggio e smontaggio, modulari e standardizzate su comuni necessità di copertura. Per lo più non necessitano di fondazioni invasive ma di semplici elementi per la ripartizione dei carichi; la struttura portante varia a seconda delle condizioni del terreno, dell'accessibilità del sito, della necessità di luci più o meno ampie da coprire o dal tempo per cui si rende necessaria l'installazione della protezione.

Spesso queste coperture, nate come provvisorie, rimangono in cantiere ben oltre i tempi previsti per i quali sono state studiate, non assolvendo né la funzione conservativa né, tantomeno, quella formale ed estetica.



Struttura provvisoria in policarbonato trasparente per il restauro del monolite di copertura del Mausoleo di Teodorico, Ravenna.

Da questa permanenza di strutture che nascono con carattere di provvisorietà nascono problemi in forma di innesco di morfologie di degrado a cui vanno incontro le strutture stesse (ossidazioni, deformazioni, rotture) e, di conseguenza, variazioni microclimatiche che innescano, a loro volta, degradi nei manufatti da proteggere¹⁰.

Tabella – Classificazione dei requisiti fondamentali per le strutture di copertura provvisorie

<p>Requisiti generali</p>	<ul style="list-style-type: none"> - leggerezza e trasportabilità anche in zone difficilmente raggiungibili; - semplicità e rapidità di montaggio/smontaggio; - non invasività della struttura nei confronti del sito e assoluta reversibilità; - l'attacco a terra della struttura non deve interferire con le preesistenze; sarà necessario che la struttura sia dotata di sistemi di appoggio non invasivi e il più possibile limitati, quindi, in genere, strutture con appoggi puntuali o esterni superficiali in grado di ripartire il peso nell'area del punto di contatto; - flessibilità e adattabilità; - deve assecondare e permettere le varie lavorazioni e fasi del cantiere e deve essere dotata di tutti i dispositivi necessari alla messa in sicurezza del cantiere; - deve permettere, salvo casi particolari, un adeguato livello di illuminazione naturale che andrà valutato caso per caso e consentire la possibilità del continuo controllo visivo dello stato di conservazione dei manufatti; - deve fornire protezione da fattori atmosferici e ambientali conservando condizioni microclimatiche adeguate rallentando o inibendo i processi di degrado delle strutture o di eventuali interventi conservativi e di restauro appena eseguiti; - deve offrire protezione da fattori di tipo antropico: impedire l'intrusione di persone estranee al cantiere; - deve essere caratterizzata da economicità.
<p>Rapporto con il contesto</p>	<p>Nel rapporto col contesto ambientale queste strutture, considerate opere di carattere provvisorio, di fattura, forma e materiali modesti, non dovrebbero porre particolari problemi di impatto ambientale; ma, soprattutto per i cantieri di lunga durata che si inseriscono in ambienti urbani o in luoghi con frequentazione turistica, diventa rilevante considerare questi aspetti anche nel caso di installazioni provvisorie. In tal caso, bisogna fare in modo che il cantiere non venga vissuto come corpo estraneo, deturpante e fastidioso nella fruizione e nella percezione dell'ambiente che lo contiene, ma si inserisca nel modo più naturale ed omogeneo possibile;</p>
<p>Rapporto con il visitatore</p>	<p>Nel rapporto col visitatore, la struttura potrebbe coinvolgere il visitatore permettendo la visibilità delle fasi di scavo e di lavoro, divenendo in questo modo evento culturale.</p>

5.2.3 Strutture e dispositivi permanenti

Per il terzo tipo, ovvero le strutture progettate come permanenti, le esigenze possono essere molto diverse a seconda dei casi, e, a seconda che si tratti di protezioni localizzate in forma di lastre applicate su superfici verticali o di coperture di strutture storiche. Un quadro di possibili requisiti può essere ¹¹ quello delineato nei seguenti sottoparagrafi.

5.2.3.1 Lastre verticali

La trasparenza applicata su superfici verticali è assimilabile ad una serie di situazioni relativamente circoscritte:

- lastre applicate direttamente alle superfici storiche;
- lastre applicate a schermatura di superfici storiche ma strutturate su sostegni estranei alla materia antica (vedi cap. 4);
- pannelli protettivi che possono costituire partizioni interne;
- schermature esterne o involucri in forma di *scatola* attorno all'architettura storica da proteggere.

Le possibilità adattative delle materie plastiche aprono lo scenario delle possibilità anche a componenti diversi per morfologia dalle lastre piane; ma le esigenze che questi componenti devono soddisfare restano analoghe e riconducibili alla conservazione da tutte le forme di degrado, naturale o antropico.

Il quadro generale dei requisiti può essere così sintetizzato:

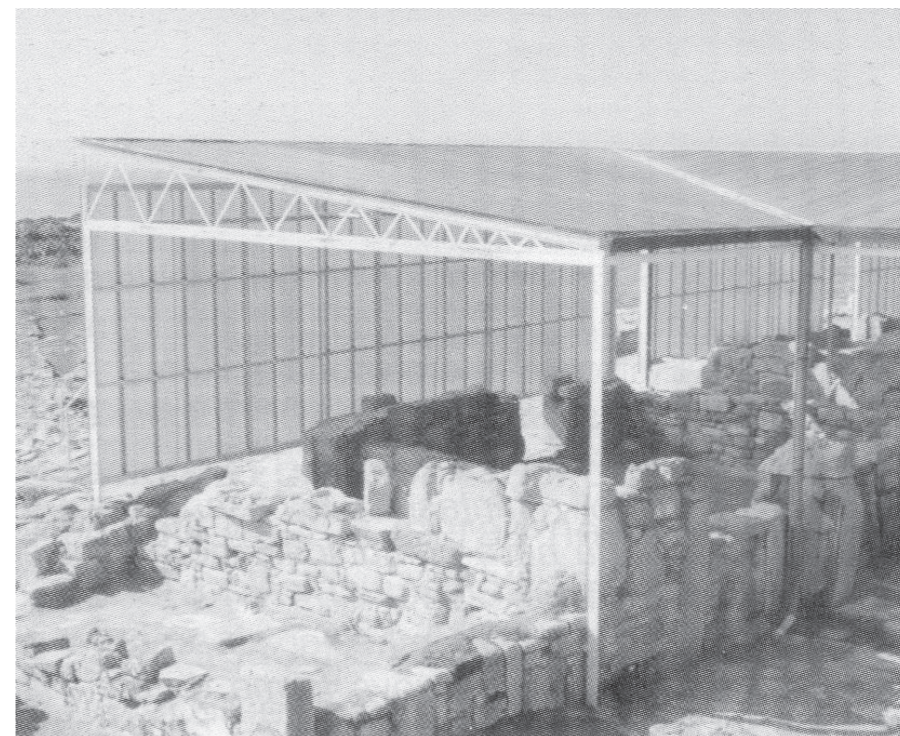
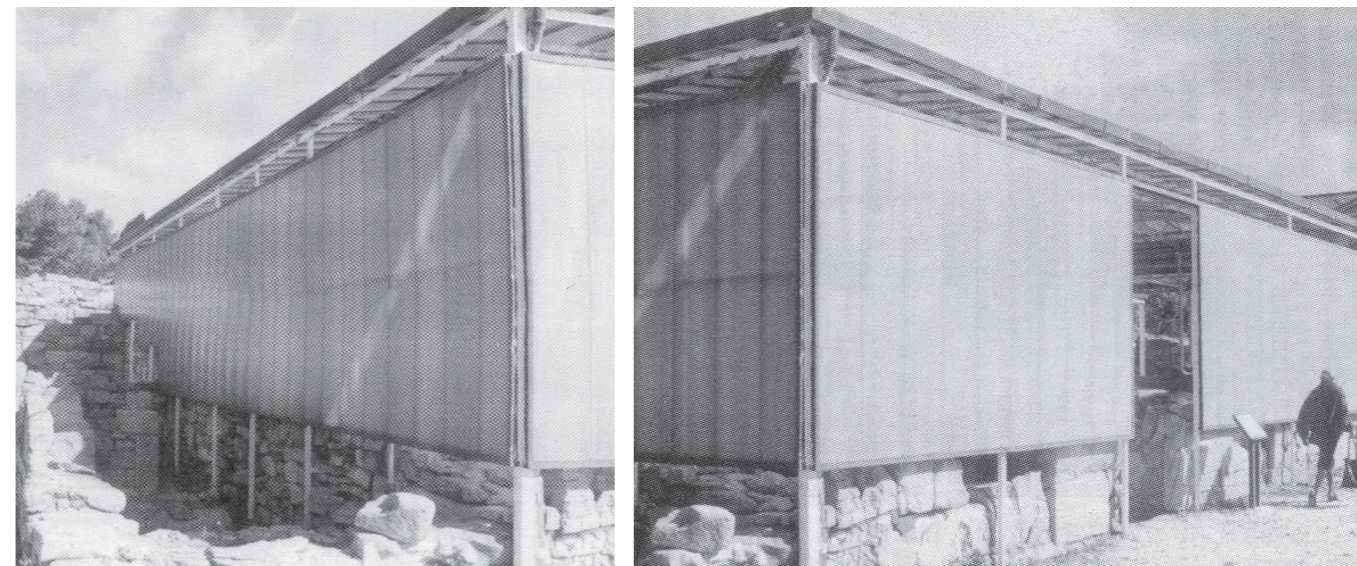
- leggerezza;
- non invasività dei sistemi di aggancio alla materia storica (vedi cap. 4);
- reversibilità;
- protezione dagli agenti atmosferici;
- protezione dall'irraggiamento solare dannoso;
- visibilità delle superfici protette e corretta lettura evitando di snaturare la percezione;
- controllo del microclima tra lastra e superficie;
- protezione dalle sollecitazioni meccaniche e dal degrado antropico;
- facilità di smontaggio e manutenzione;

5.2.3.2 Elementi di copertura (lastre orizzontali)

L'esigenza di applicazioni di componenti trasparenti in materiali di sintesi in orizzontale riguarda per lo più le strutture di copertura. Le lastre trasparenti applicate in orizzontale al fine di rendere visibili reperti che si trovino sotto il livello della quota di calpestio, è un caso applicativo molto frequente e molto spesso incontrato durante il lavoro di ricerca. Di fatto gli interventi rientranti in questo tipo di applicazioni, sono affidati

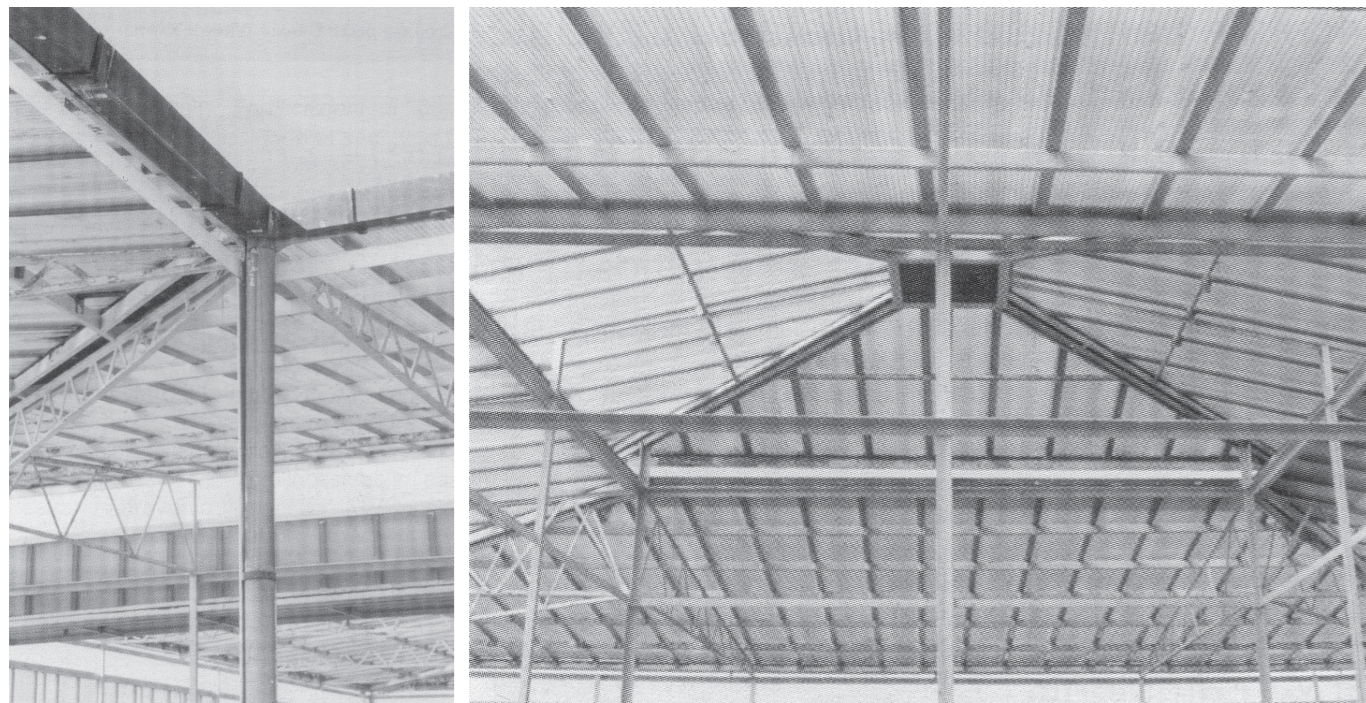


Pannelli alveolari traslucidi in PVC costituiscono le chiusure verticali della struttura a protezione di due antiche abitazioni nel sito archeologico di Eraclea Minoa



Strutture permanenti di copertura delle case denominate "2A" e "2B" nel sito archeologico di Eraclea Minoa; struttura intelaiata in acciaio, manto di copertura e chiusure verticali in pannelli alveolari in PVC. Le strutture hanno il duplice scopo di garantire un livello di conservazione ottimale e suggerire la consistenza volumetrica delle antiche abitazioni

al vetro strutturale, in quanto spesso l'elemento trasparente appartiene al piano di calpestio e deve pertanto sopportare carichi che non potrebbero essere affidati a materiali di sintesi, a meno di compromettere la visibilità del reperto così protetto utilizzando strutture portanti che andrebbero ad interferire con l'elemento lastra riducendo notevolmente la percezione. Normalmente, un manufatto storico-architettonico che necessita di protezione in forma di struttura orizzontale di copertura è assimilabile ad una struttura ridotta allo stato di rudere con precarie prospettive di durata all'aperto e che consenta, al contempo, la salva-



Dettagli della struttura di copertura posta a protezione delle abitazioni denominate "2A" e "2B" nel sito archeologico di Ercolano

guardia della fruibilità da parte del pubblico ed eventualmente suggerire quale potesse essere in antico la volumetria e l'articolazione del manufatto integro.

Spesso uno dei nodi critici di intervento è quello di coniugare conservazione e fruizione: mentre l'una tende a confinare e isolare la struttura controllando il più possibile l'ambiente circostante da cui provengono i fattori di degrado, l'altra tende a reinserire il monumento antico nel circuito dell'utilizzazione e della storia, aprendolo il più possibile all'ambiente circostante, pur essendo un contesto di inserimento profondamente diverso da quello originario.

Scopo principale delle coperture permanenti è, oltre a quello di continuare ad offrire una protezione alle strutture emerse dallo scavo e/o restaurate, quello di valorizzare il sito e predisporlo alla sua musealizzazione e alla conseguente visita e lettura da parte del pubblico.

Le coperture permanenti si possono configurare sul singolo oggetto come ricostruzione o riproposizione della copertura originale, oppure possono costituire strutture autonome come tettoie od involucri e, in base alla tecnologia e ai materiali utilizzati, possono cercare di integrarsi con i resti circostanti, oppure puntare sull'estraneità e la differenza.

Le scelte e le soluzioni progettuali non possono essere univoche, ma dovranno essere studiate in base alle esigenze e alle peculiarità poste dal singolo caso. Fattori da valutare saranno il contesto nel quale si interviene, la qualità, la conformazione, le caratteristiche, le dimensioni e l'estensione dell'area e dei reperti da coprire, la sua importanza storica, archeologica ed artistica, le condizioni climatiche ed atmosferiche in cui il sito è ambientato.

Tabella – Classificazione dei requisiti fondamentali per elementi di copertura (lastre orizzontali)

Requisiti generali	<ul style="list-style-type: none"> - leggerezza della struttura; - non invasività dei materiali e delle tecniche costruttive adottate per la struttura nei confronti dei materiali storici; - il controllo del clima, per una migliore conservazione dei materiali antichi; - permettere e facilitare una corretta lettura della forma, delle funzioni, della fruizione, del significato e dell'atmosfera del sito o del reperto, evitando di snaturare la loro percezione, falsando le reali dimensioni dell'oggetto o trasformando esterni in interni; - uso di soluzioni discrete che non si impongano e che non mortifichino l'oggetto da proteggere ma che si distinguano in maniera armoniosa dall'esistente.
Rapporto con il contesto	<ul style="list-style-type: none"> - creare una struttura identificabile ma integrata nel contesto, studiandone la percezione visiva di insieme in rapporto a quella dell'ambiente circostante e organizzando l'orientamento e le aperture in base ai percorsi di accesso e alle preesistenze circostanti; - studiare le soluzioni di copertura (dimensioni, tecnologia, materiali, forma, colori, riflettanza, tipo di superficie) più adatta in relazione alle dimensioni e alla quantità di oggetti da coprire.
Rapporto Con il visitatore	<ul style="list-style-type: none"> - facilitare la comprensione e la lettura del sito, offrendo chiarezza dei percorsi organizzati, permettendo l'osservazione ravvicinata, ed eventualmente integrando la struttura con sistemi di passerelle e pannelli esplicativi; - il microclima deve essere ideale, evitare surriscaldamenti, mancanza di circolazione dell'aria, riflessi fastidiosi; - protezione dello scavo da intrusioni o manomissioni da parte di visitatori o malintenzionati e integrazione con sistema di sicurezza; - durata e resistenza dei materiali della struttura ai danni causati dagli agenti atmosferici; - facilità di manutenzione, riparazione e sostituzione, possibilmente senza lo smontaggio del piano di tenuta; - la maggiore tendenza al degrado di alcuni materiali può essere integrata tramite la progettazione dei tempi di controllo e di manutenzione.

Le strutture, provvisorie o permanenti, che abbiano la capacità di sommare a tutti i requisiti sopra elencati dei manti di copertura e dei tamponamenti trasparenti danno visibilità totale ai lavori al tempo stesso impedendo l'accesso ai non addetti e garantendo condizioni di luce ottimale pur al riparo da precipitazioni.

Oltre alla funzione protettiva, il carattere di provvisorietà di coperture o pannelli verticali trasparenti, è un segmento applicativo che coniuga, all'aspetto conservativo, la possibilità di rendere fruibile il sito anche



Vista interna dell'antica abitazione nel sito archeologico di Eraclea Minoa protetta dalla struttura di copertura intelaiata in acciaio e con manto di copertura e chiusure verticali in pannelli traslucidi alveolari di PVC, finalizzata alla protezione e al suggerimento delle antiche volumetrie

durante operazioni di scavo (o altri lavori di restauro anche in ambito non prettamente archeologico) e visibile il manufatto anche durante le fasi, ad esempio, di pulitura o monitoraggio.

5.3 Filtri di architettura: aspetti immateriali della trasparenza negli interventi di restauro

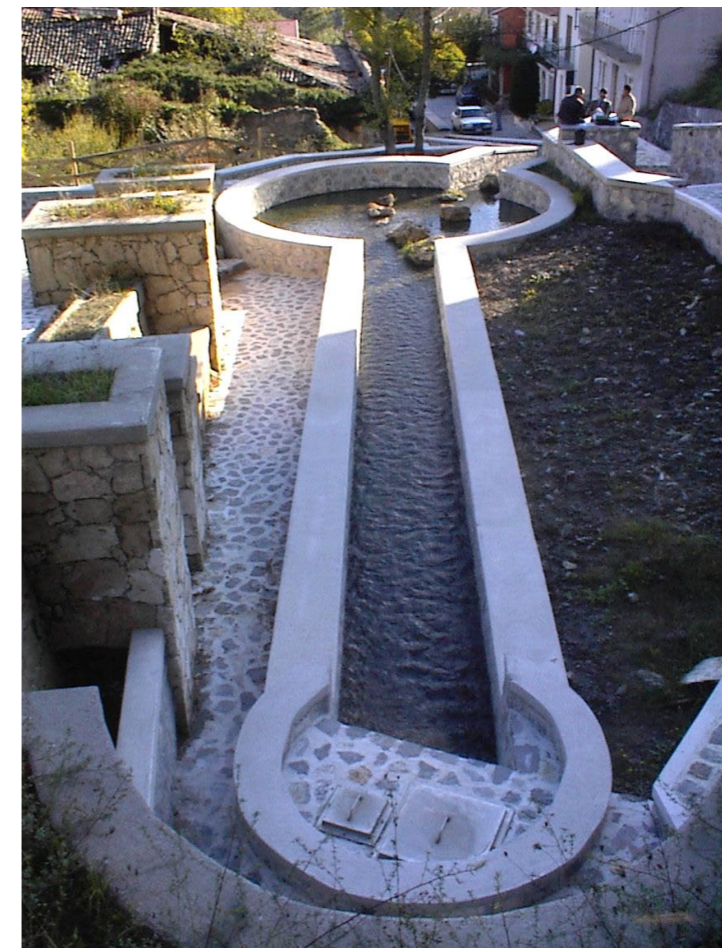
Come evidenziato nei paragrafi precedenti, il quadro esigenziale riferito agli interventi di protezione sulle strutture storiche non è limitato agli aspetti *materiali* coinvolti nella scelta di strutture o componenti tecnologiche, ma deve tenere conto di tutti quegli aspetti *intangibili* ricollegabili ai principi che guidano l'intervento di restauro. Da un lato, i *principi* del restauro e le *teorie* ormai condivise che professano un approccio che persegua il "minimo intervento", la "reversibilità" (almeno potenziale), la "distinguibilità" e il minor impatto visivo possibile, dall'altro, il *concreto* progetto che si traduce nella scelta di soluzioni chiamate a fornire riposte in termini tecnologico-prestazionali e che possiedono una propria materialità.

Di fatto, la conoscenza e la gestione del progetto *tecnologico* per la conservazione e il restauro, si tratti di semplici chiusure di protezione, di strutture di copertura o altro, sono espressioni di una competenza imprescindibile e la conoscenza, e l'applicazione laddove risulti appropriato, di tecnologie *moderne* e di materiali *avanzati* costituisce un passaggio fondamentale verso esiti conservativi sempre più efficaci, controllabili, removibili, *implementabili*, ecc.

Il rapporto tra aspetti *materiali* e aspetti *immateriali* nel progetto di restauro si configura quindi come un processo di dipendenza biunivoco, dove una sfera va ad influenzare l'altra e la trasparenza suggerisce immaterialità, una linea di demarcazione quasi invisibile tra ciò che sta dentro e ciò che sta fuori, tra passato e presente, ponendosi come un *filtro* tra mondo esterno e architettura storica.

Le sopra elencate esigenze di leggerezza, non invasività, illuminazione e appropriata visibilità, filtro alle componenti dannose dello spettro solare, sono solo alcune delle caratteristiche richieste in un intervento che debba rispondere alle prerogative di una fruizione pubblica.

Terme di Latronico, Potenza. Al fine di proteggere l'antica struttura termale, in cui scorre tuttora l'acqua, da atti vandalici, da degrado antropico e dall'accumulo di depositi, è stata scelta una protezione completamente chiusa e trasparente. La soluzione, efficace dal punto di vista conservativo, non lo è altrettanto dal punto di vista della valorizzazione di questo brano dell'antica città, e si pone come elemento estraneo e percettivamente disturbante. Installazione del 1999 (Caoduro)



Il materiale trasparente è un materiale che ha la prerogativa percettivamente di *esistere* ma di *annullarsi*, così come un intervento di restauro che non si ponga in conflitto (*figurativo*) con la materia antica dovrebbe permettere, se non in senso materico, in senso *immateriale*, aiutando la *lettura* del monumento.

La *trasparenza* non viene considerata come risposta sempre e comunque valida, e la *trasparenza della contemporaneità* non deve essere affidata necessariamente alle materie di sintesi. Ma dove esistano le condizioni di progetto, l'approfondimento di ciò che è possibile attualmente ottenere dalle trasparenze di sintesi può mettere a disposizione risposte in termini di componenti finalizzati alla conservazione, o, viceversa, alla scelta di non affidarsi a tali materiali.

5.4 Necessità evidenziate attraverso il rapporto con il mondo della produzione

I contatti con le aziende e con il mondo della produzione hanno costituito una parte fondamentale e determinante della ricerca. Oltre alla necessità del reperimento di informazioni tecniche aggiornate relative alla produzione delle materie plastiche trasparenti e di schede prodotto esaustive nelle caratteristiche dei componenti attualmente disponibili, tali contatti hanno avuto lo scopo di comprendere gli eventuali stimoli di interesse e punti di contatto tra mondo delle materie di sintesi ed esigenze della conservazione e di tracciare quindi uno spettro nel recepimento di questo ambito di interesse. La rete di indagine si è sviluppata attraverso tre livelli: sono stati contattati aziende di produzione, lavorazione e distribuzione e centri di ricerca in materia di materiali di sintesi, nonché progettisti dei quali era noto l'utilizzo di materie di sintesi trasparenti o traslucide¹² in interventi di restauro e protezione.

La ricerca si è immediatamente configurata come ambito "di nicchia", scarsamente affrontato da parte del modo della produzione, riducendo fortemente i contatti fruttuosi al fine di un confronto specifico sulla tematica.

I colloqui intercorsi¹³ sono stati imperniati su due aspetti generali: la conoscenza di applicazioni in campo conservativo di componenti di sintesi trasparenti e gli eventuali segmenti di innovazione tecnologica che le industrie di produzione dei materiali plastici stanno intraprendendo.

In merito al primo aspetto, è significativo evidenziare la rarità di conoscenza da parte degli interlocutori di applicazioni di materiali di sintesi trasparenti su beni storico-architettonici¹⁴.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, sono state sottoposte domande più dettagliate, che hanno riguardato aspetti specifici relativi alle caratteristiche dei materiali, a partire dai *limiti storici* di questi materiali riscontrati nelle precedenti fasi della ricerca.

Le domande si sono articolate sulle seguenti tematiche:

1. conoscenza di applicazioni di elementi in materiale di sintesi trasparenti in interventi di protezione, conservazione, valorizzazione, restauro;
2. quali materiali di sintesi con caratteristiche di trasparenza vengono prodotte/distribuite;
3. schede tecniche e prestazioni dei materiali;
4. fattori di compromissione della trasparenza e problema della riflessione luminosa sulla lastra;
5. a che punto l'innovazione tecnologica è arrivata nel trattamento delle lastre trasparenti contro i raggi UV e per il problema dell'ingiallimento, opacizzazione e perdita di percentuale di trasmissione luminosa;
6. possibilità morfologiche e dimensionale;
7. quali sono le tecniche innovative proprie di altri campi, realtà e applicazioni, magari tipiche del mondo dell'architettura contemporanea o di altre nicchie di mercato, che possono avere un portato nella produzione di componenti trasparenti per il restauro;
8. come orientarsi nel quadro normativo e in quali punti esso è critico o lacunoso od oscuro e in quali parti è giusto che si inserisca il progettista;
9. esistenza di materiali di sintesi trasparenti (o combinazioni di diversi materiali di sintesi) che oggi non sono prodotti in forma di lastre ma che potrebbero rispondere a requisiti di protezione in modo innovativo;
10. quale può essere una linea innovativa in questo campo (trasparenza per il restauro)

È significativo sottolineare come, al di là delle richieste non accolte o di quelle evase in modo superficiale, un numero consistente di aziende abbia dichiarato l'estraneità all'argomento e la non conoscenza (o il disinteresse) nei confronti di applicazioni in questo settore, con pochissime eccezioni, che hanno però dichiarato un forte interesse per la tematica e l'intenzione di affrontare l'argomento in futuro, trattandosi di un segmento di ricerca che, riferito ai beni culturali, avrebbe un mercato immenso in Italia.

Innanzitutto è emerso che i materiali di sintesi utilizzati specificamente per le proprietà legate alla trasparenza sono esclusivamente due,

il policarbonato e il polimetilmetacrilato, ad eccezione del poliestere riscontrato in rari casi. La discriminante maggiore nella scelta tra i due materiali è stata identificata per quanto riguarda la resistenza (il policarbonato reagisce in modo plastico agli urti, mentre il PMMA è più fragile, reagendo agli urti quasi come il vetro e propagando la frattura) sia per quanto riguarda la trasparenza / trasmissione luminosa (il polimetilmetacrilato resiste meglio e più a lungo, anche se ormai il PC trattato contro l'UV ha ottime caratteristiche) e hanno diverse classi di resistenza al fuoco.

Molte aziende contattate hanno rimandato alle schede tecniche, fornite direttamente o reperibili in rete, senza aggiungere giudizi in materia di eventuali innovazioni e criticità; la comparazione delle schede tecniche dei due materiali principali analizzati non hanno consentito di andare oltre alcune specifiche riguardo alle proprietà ottiche, che non si discostavano in modo significativo le une dalle altre come valori riportati. Tutti i produttori contattati e le schede tecniche analizzate portano alla conclusione che il *limite storico* fino agli anni Settanta delle materie plastiche, e in particolare del policarbonato, è ampiamente risolto, come confermano le certificazioni, che comunque non superano i dieci anni. Di fatto non esiste oggi in letteratura scientifica uno studio che attesti la variazione delle proprietà della trasparenza e il comportamento dei materiali in un arco di tempo prolungato. Sono stati forniti comunque grafici comparativi relativi alle prove di laboratorio *ad invecchiamento veloce* in merito all'azione di filtro dai raggi UV oggi applicato alle lastre, oggi risolto con trattamenti di co-estrusione. In particolare, va sottolineato che il Consorzio Proplast ha proposto la possibilità di eseguire studi su additivi anti-invecchiamento sui materiali trasparenti, proponendo una consulenza a partire da un'analisi di mercato e da una tavola rotonda con le aziende interessate, proposta relativa però non per il breve periodo.

Un aspetto significativo e che costituisce un'interessante linea di potenziale sviluppo riguarda il problema della riflessione che le lastre trasparenti hanno, compromettendo la visibilità del manufatto retrostante la lastra e creando un effetto di disturbo, punto saliente nelle applicazioni protettive sui beni storico-architettonici e che presentano come requisito principale la corretta e totale visione del manufatto protetto. Esistono finiture anti-riflesso¹⁵, ma funzionano se l'oggetto è a contatto con la lastra, mentre è necessario che una lastra collocata in relazione ad una superficie storica preveda una intercapedine, misurata attentamente al fine di non provocare un microclima interno al sistema lastra-paramento dannoso per le superfici.

A tal proposito, uno dei risultati rilevanti ha riguardato la produzione di lastre appositamente per oggetti d'arte¹⁶. Non sono state fornite però indicazioni relative ad applicazioni in esterni e per interventi di protezione e valorizzazione, ma applicazioni all'interno di contenitori museali in

Germania. I prodotti sviluppati per questo settore sono esclusivamente in polimetilmetacrilato sviluppate appositamente a protezione dai danni dovuti ai raggi UV e dai danni di origine meccanica. Le prestazioni garantite per le lastre riguardano un'elevata trasmissione della luce nella banda del visibile¹⁷, assenza di distorsione ottica e di alterazione cromatica delle lastre stesse e proprietà anti-riflesso. La linea è stata sviluppata appositamente basandosi sui requisiti che lastre a protezione di oggetti d'arte devono possedere:

Requisiti generali	Qualità ottiche:
<ul style="list-style-type: none"> - resistenza a rottura - leggerezza - resistenza all'abrasione - carico elettrostatico (contro il deposito della polvere) - rigidità - lavorazioni (taglio, foratura, curvatura, ecc.) - economicità 	<ul style="list-style-type: none"> - trasmissione luminosa (riflessione, assorbimento) - superficie (piana, anti-riflesso) - protezione dai raggi UV
Punti di forza rispetto a vetro	Punti di debolezza rispetto al vetro
<ul style="list-style-type: none"> - maggiore protezione dai raggi UV - maggiore resistenza a rottura - maggiore leggerezza - maggior trasmissione luminosa nella luce visibile - alto grado di lavorabilità 	<ul style="list-style-type: none"> - inferiore resistenza all'abrasione - inferiore resistenza al carico elettrostatico - rigidità

Esistono diversi prodotti che, a seconda dei trattamenti contro UV-A e UV-B, garantiscono una trasmissione luminosa che va dal 90% al 99,7%, e una resistenza a rottura 11 volte superiore al normale vetro float, assicurando:

- minor rischio di rottura durante il trasporto
- minor rischio di rottura durante l'installazione
- minor rischio di rottura durante le operazioni di stoccaggio
- minor rischio di rottura in edifici pubblici
- grandi vantaggi per luoghi esposti alla visita di turisti
- infrangibilità.

Una prima conclusione che è stato possibile trarre è che non sono noti prodotti innovativi sviluppati appositamente per questo campo di applicazione. Talvolta vengono eseguite installazioni di lastre in interventi

di protezione e restauro, ma spesso i produttori non hanno il controllo dei distributori, quindi diventa difficile avere un'idea precisa di quanti distributori forniscano i progettisti per interventi di restauro.

Inoltre, le linee di possibili sviluppi futuri riguardano fundamentalmente tre livelli:

- la possibilità di eseguire sperimentazioni per quanto riguarda il trattamento anti-invecchiamento, contribuendo a fornire uno studio circa le variazioni delle proprietà di trasparenza in un arco di tempo prolungato, attualmente assente in letteratura scientifica;

- la possibilità di utilizzare, per i componenti utilizzati su superfici e strutture esterne, il *portato* di innovazione di prodotto attualmente presente per quanto riguarda gli oggetti d'arte;

- la possibilità di lavorare su un segmento innovativo del prodotto ricercando proprietà anti-riflesso anche in presenza di intercapedine tra lastra e paramento.

Note

¹ M. PALLOTTINO, *Che cos'è l'archeologia*, Sansoni, Firenze 1968, p. 38.

² Cfr. F. MINISSI nel saggio di presentazione a S. Ranellucci, *Strutture protettive e conservazione dei siti archeologici*, Carsa Edizioni, Pescara 1996.

³ Cfr. M. MANZELLE, *La copertura di un sito archeologico: un problema architettonico*, in "Dal sito archeologico all'archeologia del costruito. Conoscenza, Progetto e Conservazione", Atti del Convegno di Studi Scienza e Beni Culturali, Bressanone, 3-6 luglio 1996, a cura di Guido Biscontin e Guido Driussi, Arcadia Ricerche Editore, Padova 1996, pp. 473-482.

⁴ Si veda la Norma UNI 8289/81.

⁵ Cfr. C.P. SPOSITO, *Esigenze e requisiti delle coperture*, in A. Sposito, "Coprire l'antico", Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004, p. 123; si veda anche M.C. RUGGIERI TRICOLI, C. SPOSITO, *I siti archeologici. Dalla definizione del valore alla protezione della materia*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004, pp. 70-72 e pp. 106-107.

⁶ *Le alternative nella progettazione tecnologica*, in M. ZAFFAGNINI (a cura di), "Progettare nel processo edilizio", Edizioni Luigi Parma, Bologna, 1981, pag.153, nota 2.

⁷ Cfr. C. BRANDI, *Teoria del restauro*, Einaudi, Torino 1977, pp. 6-7: "Come prodotto dell'attività umana l'opera d'arte pone infatti una duplice istanza: l'istanza estetica che corrisponde al fatto basilare dell'artisticità per cui l'opera è opera d'arte, l'istanza storica che le compete come prodotto umano attuato in un certo tempo e luogo e che in certo tempo e luogo si trova. [...] *il restauro costituisce il momento metodologico del riconoscimento dell'opera d'arte, nella sua consistenza fisica e nella sua duplice polarità estetica e storica, in vista della sua trasmissione al futuro.* [...] La consistenza fisica dell'opera deve necessariamente avere la precedenza, perché rappresenta il luogo stesso della manifestazione dell'immagine, assicura la trasmissione dell'immagine al futuro, ne garantisce quindi la recezione nella coscienza umana. [...] Per questa consistenza materiale dovranno farsi tutti gli sforzi e le ricerche perché possa durare il più a lungo possibile".

⁸ Cfr. C. FEIFFER, *Il progetto di conservazione*, Franco Angeli Editore, Milano 1997, p. 281.

⁹ Cfr. C. PEDELÌ, S. PULGA, *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'Insegna del Giglio, Firenze 2002, p. 53 e pp. 57-61.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ Cfr. S. SANTORO, N. SANTOPUOLI, *La protezione delle aree archeologiche. Ricerca e prassi operativa*, in "Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi", supplemento ad Arkos n. 1/2000, Torino, 2000, pp. 3-5. "Arkos", 1/2000, pp. 3-5.

¹² Per la terminologia, si rimanda alle definizioni contenute nel capitolo 1.

¹³ I colloqui con il mondo della produzione sono stati effettuati ad ampia gittata, dopo aver strutturato un elenco di potenziali interlocutori facilmente reperibile a partire dalla bibliografia edita in materia e da una panoramica fornita dalla rete. Non si riporta l'elenco completo delle aziende contattate e che non sono risultate determinanti per l'indagine effettuata. Si evidenziano i contatti che hanno fornito informazioni e chiavi di lettura utili a trarre prime conclusioni e a definire potenzialità di sviluppi futuri e segmenti di ricerca e di innovazione interessanti. Si riportano in particolare: Bayer Sheet Europe S.p.a., Röhm Italia S.r.l. (Milano), Caoduro S.p.a. (Vicenza), Aerel S.p.a. (Bologna), Tecno Coperture S.r.l. (Napoli) e il Consorzio Proplast (Alessandria) e l'Istituto Italiano Plastici (Bergamo).

¹⁴ Ad esclusione delle applicazioni museali, escluse in quanto non inerenti all'ambito della ricerca, sono state fornite indicazioni circa progetti di trasparenza su manufatti storici in soli due casi: da parte di Bayer, che, oltre all'esperienza nel sito archeologico di Pompei, era a conoscenza del progetto di copertura della villa romana di Patti Marina, e da parte di Caoduro, che ha fornito il materiale tecnico-illustrativo relativo al progetto di copertura delle Terme di Latronico (Potenza), seguito dall'azienda nel 1999.

¹⁵ Le finiture anti-riflesso sono molto utilizzate, ad esempio, per le teche trasparenti delle edicole dei giornali, che devono consentire la "lettura" dei titoli riportati e la pubblicità del quotidiano da diverse angolazioni e distanze, senza innescare fenomeni di riflessione (dato fornito da Sheet Europe S.p.a). La necessità del contatto lastra-superficie affinché il trattamento anti riflesso sia efficace, è stato confermato da Röhm Italia S.r.l., la cui linea di polimetilmetacrilati ad altissime prestazioni, linea Plexiglas Gallery®, comprende lastre che evitano completamente il riflesso nate per proteggere dipinti collocati in musei.

¹⁶ Linea Plexiglas Gallery® di Degussa- Röhm Italia S.r.l.

¹⁷ Da 380 a 720 nm.

Le prime applicazioni trasparenti nel campo del restauro architettonico Franco Minissi *precursore*

Le esperienze progettuali di Franco Minissi, non solo precorrono l'utilizzo dei materiali di sintesi per sfruttarne criticamente la proprietà della trasparenza, ma si pongono in modo significativo per quanto riguarda l'approccio al recepimento delle potenzialità dell'innovazione tecnologica negli interventi di restauro. La sintesi degli interventi qui riportati viene fatta esclusivamente secondo la chiave di letture legata all'utilizzo delle materie di sintesi e della proprietà della trasparenza, connesse agli aspetti teorico-critici degli interventi di restauro architettonico ed archeologico eseguiti dall'architetto tra gli anni '50 e '60. Vengono illustrati gli aspetti critici e metodologici più significativi e un excursus degli interventi che Minissi realizzò, tracciandone un quadro critico anche nei confronti degli esiti formali e conservativi.

“Reputo pertanto che sia pienamente giustificato e legittimo, nonché estremamente utile, anche nelle opere di restauro monumentale, sfruttare tecniche e materiali che la moderna industria è in grado di fornire, anche se la prima reazione di fronte all'impiego di essi possa per alcuni essere negativa”.

Franco Minissi, *Il monumento per l'uomo*,
Venezia, 25-31 maggio 1964

6.1 Il contesto storico-culturale

6.1.1 L'attività sperimentale nelle applicazioni trasparenti

6.2 La musealizzazione *traslucida*

6.3 Quadro critico degli interventi di restauro e protezione

6.3.1 L'intervento sulle mura di Capo Soprano a Gela (1952-1954)

6.3.2 L'intervento alla Villa del Casale di Piazza Armerina (1957)

6.3.3 L'intervento di copertura di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo (1960-1963)

6.3.4 L'intervento al Teatro di Eraclea Minoa (1962)

6.1 Il contesto storico-culturale

Gli interventi di restauro e valorizzazione che Franco Minissi realizzò nei suoi progetti non costituiscono solo una importante attività sperimentale alle origini del restauro critico, ma sono tra i primi interventi adottati in Italia in cui è stato “materializzato” il concetto di trasparenza e in cui sono state utilizzate le materie plastiche finalizzate al restauro, alla conservazione, fruizione e valorizzazione di beni monumentali. Tutti i suoi progetti presentano come denominatore comune l'accostamento di elementi trasparenti alla preesistenza storica per una rievocazione delle morfologie originarie.

Franco Minissi (1919-1996)¹, nel corso della sua attività presso l'Istituto Centrale del Restauro, all'interno del quale operò a partire dal 1950, basò la sua ricerca sulle nuove conoscenze di materiali e tecnologie e proponendo restauri utilizzando materiali trasparenti, vetri e di sintesi, in un'epoca in cui questi apparivano molto rispettosi della materia antica a confronto delle integrazioni in cemento armato utilizzate fino a quegli anni. Il marcato indirizzo verso la trasparenza e il richiamo alla leggerezza hanno successivamente pervaso l'espressione architettonica contemporanea².

La ricerca progettuale che Minissi operò negli anni Cinquanta e Sessanta, pur non rimanendo riflessione isolata ma condivisa da storici e teorici come Cesare Brandi, Renato Bonelli, Bruno Zevi, si pose “in controtendenza rispetto alla voracità della speculazione denunciata a gran voce dai padri fondatori del pensiero moderno sulla tutela”³. Uno dei nodi teorico-critici di quel periodo riguardava proprio l'utilizzo, anche creativo e azzardato volendo utilizzare affermazioni provocatorie, di materiali che rendessero inconfondibile l'intervento rispetto alle parti originali e, *paradossalmente* se ci si riferisce al caso delle opere di Minissi, si auspicavano “perfezionamenti di restauri ormai datati e insufficienti, sfruttando le nuove conoscenze e tecnologie, migliorando senza la necessità continua di ricominciare da zero”⁴; *paradossalmente*, poiché le realizzazioni di Minissi sono state, nel tempo, tutte manomesse, compromesse o demolite, private proprio di quell'aggiornamento tecnologico auspicato in quel periodo, preferendo *aggirare* la sfida posta dalla trasparenza come materializzazione di un preciso indirizzo critico⁵; i significati concettuali e di percezione materica affidati alla trasparenza che Minissi aveva supportato con chiarezza e moderne connessioni ai principi del restauro, sono stati completamente annullati per essere sostituiti con *opache e convenzionali* sostituzioni.

“A Piazza Armerina, come altrove in Sicilia, le realizzazioni congiunte di Minissi e dell'I.C.R. palesano una vena sperimentale sotto il profilo metodologico (anche architettonico, considerata la particolare declinazione del rapporto antico-nuovo) e, soprattutto, scientifico-tecnico (diagnostica, definizione dei possibili rimedi, scelta dei materiali e loro messa in opera). Criticarle oggi, col senno di poi, è facile ma anche

ingeneroso; è, soprattutto, storicamente puerile. Tanto più se i rimedi proposti sono concettualmente più vecchi di quel che si condanna”⁶.

6.1.1 L'attività sperimentale nelle applicazioni trasparenti

La vena sperimentale evidenziata da Giovanni Carbonara è sottolineata dallo stesso Minissi che nel 1964 scrive: “per varie esperienze personali in opere di restauro, protezione e conservazione di monumenti, ritengo che in molti casi il problema che si è chiamati a risolvere e le stesse esigenze della moderna cultura non possano più trovare i mezzi adatti al loro soddisfacimento con il ricorso a sistemi più o meno tradizionali di tecniche murarie. Reputo pertanto che sia pienamente giustificato e legittimo, nonché estremamente utile, anche nelle opere di restauro monumentale, sfruttare tecniche e materiali che la moderna industria è in grado di fornire, anche se la prima reazione di fronte all'impiego di essi possa per alcuni essere negativa”⁷. La metodologia di intervento su cui si Minissi si basa trae origine da approfondite riflessioni critiche basate sui principi teorici di quel preciso momento culturale, ma impennate su un approccio innovativo seppur sempre rigoroso⁸. Di assoluta modernità è il recepimento che Minissi dimostra verso i nuovi materiali di cui elenca non solo le proprietà tecniche, ma anche i significati concettuali in relazione all'opera di restauro che i nuovi materiali trasparenti possono realizzare, nell'ottica di consentire la corretta lettura storico-critica di ciò che si va a conservare; egli sostiene di aver “ritenuto opportuno introdurre in opere di restauro e di protezione di monumenti l'uso di materiale plastico laminato, appartenente alle resine acriliche e particolarmente il Metacrilato di Polimetilene, denominato commercialmente *perspex*. Le caratteristiche fisiche e meccaniche di questo materiale, di totale adattabilità a qualsiasi forma mediante stampaggio a caldo, di assoluta trasparenza in una vastissima gamma di colori, di trascurabile deformabilità in relazione agli sbalzi termici, di lenta combustione, di totale impermeabilità, di quasi totale infrangibilità e di alta resistenza alle sollecitazioni di trazione, urto e rottura trasversale, lo rendono particolarmente adatto ad essere usato negli interventi protettivi e integrativi di opere di restauro in cui risulti indispensabile mantenere completamente visibili le parti originali del monumento su cui viene operata l'integrazione, quali, ad esempio: superfici corrose dal tempo, interno di strutture murarie, elementi architettonici testimonianti la validità della ipotesi ricostruttiva o integrativa. In tutti questi casi, infatti, le parti ricostruite con i materiali di cui si parla, oltre a soddisfare integralmente l'esigenza di non occultare nessuna delle parti originali del monumento, presentano il vantaggio di differenziarsi nettamente da esse nella materia e nel tempo, evitando quindi qualsiasi confusione o errore interpretativo e, ciò che più conta, la trasparenza del materiale tende idealmente a trasformare il restauro

eseguito in una *sovrapposizione grafica, realizzata nello spazio, della ipotesi integrativa o ricostruttiva sul Monumento*. Quest'ultimo ritengo sia l'aspetto più positivo della tecnica esposta in quanto anche la più rigorosa e documentata certezza negli elementi che suggeriscono le proposte integrative di qualsiasi entità su un antico monumento è sempre suscettibile di evoluzione e pertanto l'opera di restauro dovrà il più possibile mantenersi sul piano teorico, evitare il falso di sovrastrutture definitive ed incrementare la possibilità di ulteriori studi e conseguenti nuove ipotesi e soluzioni di restauro⁹. Nel descrivere i pregi del materiale di sintesi, risulta evidente una fiducia nelle prestazioni che esso è in grado di garantire, anacronistica per quel periodo ma già incentrata su proprietà che una maggiore conoscenza delle materie plastiche sviluppata negli anni a seguire e l'innovazione tecnologica in grado di migliorare alcuni limiti insiti nella materia avrebbero poi reso effettive.

6.2 La musealizzazione traslucida

“In sintonia con l'approccio a una conservazione dei beni culturali diffusa e attestata sui luoghi di appartenenza, recepita dall'intellettualità italiana fino dal secondo dopoguerra e dalle istituzioni pubbliche a partire dalla metà degli anni Settanta (come testimonia la nascita nel 1974 del Ministero per i beni culturali e ambientali), Minissi elabora in termini concettuali e verifica in termini progettuali, nella professione e nella didattica, un modello di museo conseguente. «L'estendersi dell'istanza conservativa a settori sempre più numerosi del fare umano – afferma, implica che la qualità museale – deve essere concettualmente estesa a quei sempre più numerosi musei fuori del museo sparsi nel territorio e che sono il territorio stesso. [...] a differenza di quella malintesa didattica tradizionale fatta a base di pannelli didascalici che forniscono informazioni di vario tipo su ciò che è oggetto di musealizzazione dentro e fuori del museo [...], si propone di intervenire su tale oggetto in maniera da creare i modi della sua percezione affinché sia l'oggetto stesso a stimolare l'interesse a leggere le informazioni che direttamente lo riguardano»¹⁰.

Rileggere i progetti di Minissi oggi, a cinquant'anni di distanza, consente di collocarsi in un punto di vista privilegiato dal quale è possibile coglierne il forte valore innovativo e sperimentale. “Una sperimentazione anzitutto riferita all'assoluta novità, per l'Italia, di allestire all'aperto la scena del museo inventando teche “abitabili”, dove il visitatore potesse entrare nell'oggetto musealizzato anziché nel museo ospite di frammenti decontestualizzati. In questa logica, la trasparenza dell'attrezzo protettivo trova una precisa motivazione nella ricerca del minimo impatto visivo. L'uso del ferro come elemento strutturale sottile associato al vetro o *plexiglas*¹¹ appaiono del tutto coerenti con quell'obiettivo”¹². Certo è che i progetti “trasparenti” di Minissi hanno tutti dovuto subire,

nel tempo, operazioni di de-restauro, non ultimo quello della Villa del Casale di Piazza Armerina (Enna), al momento oggetto di violente polemiche. La sua ricerca verso una reversibilità non solo materiale ma anche *apparente* nell'evanescenza dell'operazione integrativa era basata non tanto sull'eccessivo ottimismo riposto nelle possibilità tecnologiche (a quell'epoca comunque ancora soggette ai limiti del materiale di sintesi trasparente) ma nell'affidabilità della manutenzione e dell'*aggiornamento tecnologico*, non avvenuto nei riguardi delle architetture da lui progettate. “Certo queste cose, se non c'è la manutenzione è meglio non farle, se no si distruggono. Allora non c'è altro da fare se non pubblicare quanto è stato rinvenuto e poi ricoprire il tutto con la sabbia, come suggeriva spesso Pallottino, con la terra, con quello che l'aveva sotterrato per tanti anni, conservandolo. Una posizione rispettabilissima anche questa, in molti casi”¹³.

A seguito dei suoi interventi realizzati negli anni Cinquanta e dell'utilizzo concettuale che egli fa della trasparenza e dei materiali plastici, Minissi alimenta un dibattito che presenta interessanti riverberi, come quello avvenuto a seguito del suo progetto di allestimento del Museo di Villa Giulia, attaccato da Bianchi Bandinelli come “insulto alla nostra cultura e al nostro senso di civiltà”¹⁴ in cui egli commenta: “un pesante capitello si libra a mezz'aria sopra un piedistallo di materia plastica trasparente [...]. Il non aver avvertito il dissidio tra questi giocarelli e la greve, terrestre, carnale scultura degli etruschi, significa che alla base di criteri di ordinamento non c'è stata la menoma comprensione artistica del materiale esposto [...]. Attraverso questi inquietanti corridoi si arriva la colmo della pacchianeria costosa e irresponsabile: il completamento con arti e addome di *plexiglas* di una delle statue arcaiche in terracotta [...]”¹⁵.

Ancora più interessante è il commento in risposta alla polemica di Bandinelli ad opera di Bruno Zevi. “A Bianchi Bandinelli non piace il perspex, materiale plastico trasparente con cui sono costruiti i supporti delle suppellettili etrusche e tutti i piani delle teche [...] è allergico alle “materie plastiche”, ha un complesso per la “trasparenza”, perciò ritiene che si tratti di “materiaccia” (ce n'è di più pura?) ed elucubra che sia giunta in Italia dopo trenta anni, quando ognuno sa che trent'anni fa non esisteva. William Morris odiava l'architettura in ferro. Per tanto tempo, i benpensanti hanno detestato il cemento armato ritenendo che dovesse essere usato soltanto per capannoni industriali e non mai per una villa o un palazzo elegante [...]. Su cosa doveva posare il capitello? Forse su un finto muro etrusco in pietra? Ieri il cemento armato, oggi le materie plastiche o il vetro securit risvegliano in alcuni un “senso di insicurezza” [...]. Ci sono ottime ragioni per adoperare il perspex: isola il pezzo archeologico senza interventi arbitrari; consente di vederlo da ogni parte; materia leggera, modesta, annulla se stessa facilitando così un rapporto diretto tra oggetti esposti e spazio-ambiente che li racchiude [...]. L'architettura moderna è impegnativa: la collocazione

dei pezzi, le sequenze delle vitree teche, gli oggetti sospesi “bloccano” statue cimeli quadri in funzione architettonica “nuova”, che sembra renderli meno liberi di quanto non fossero nell’antico disordine”¹⁶.

6.3 Quadro critico degli interventi di restauro e protezione

I progetti, in questa sede riportati in sintesi e ponendo l’accento sull’utilizzo sperimentale delle materie plastiche trasparenti, sono accomunati da un indubbio entusiasmo da parte di Franco Minissi verso i nuovi ritrovati della tecnologia; oggi, molto più di allora, il restauro si basa sulla verifica costante e anche a distanza di tempo dei risultati che gli interventi producono, soprattutto quando implicano l’utilizzo di nuove tecnologie o di sistemi sperimentali, non da ultimo anche per il fatto che la diagnostica ha assunto un peso sempre maggiore e sono state affinate le tecnologie di indagine non invasiva. Di fatto i risultati della tecnologia possono applicarsi, a maggior ragione, in soluzioni escogi-

Mura greche di Capo Soprano, Gela.
Vista del sistema di protezione ad opera di Franco Minissi



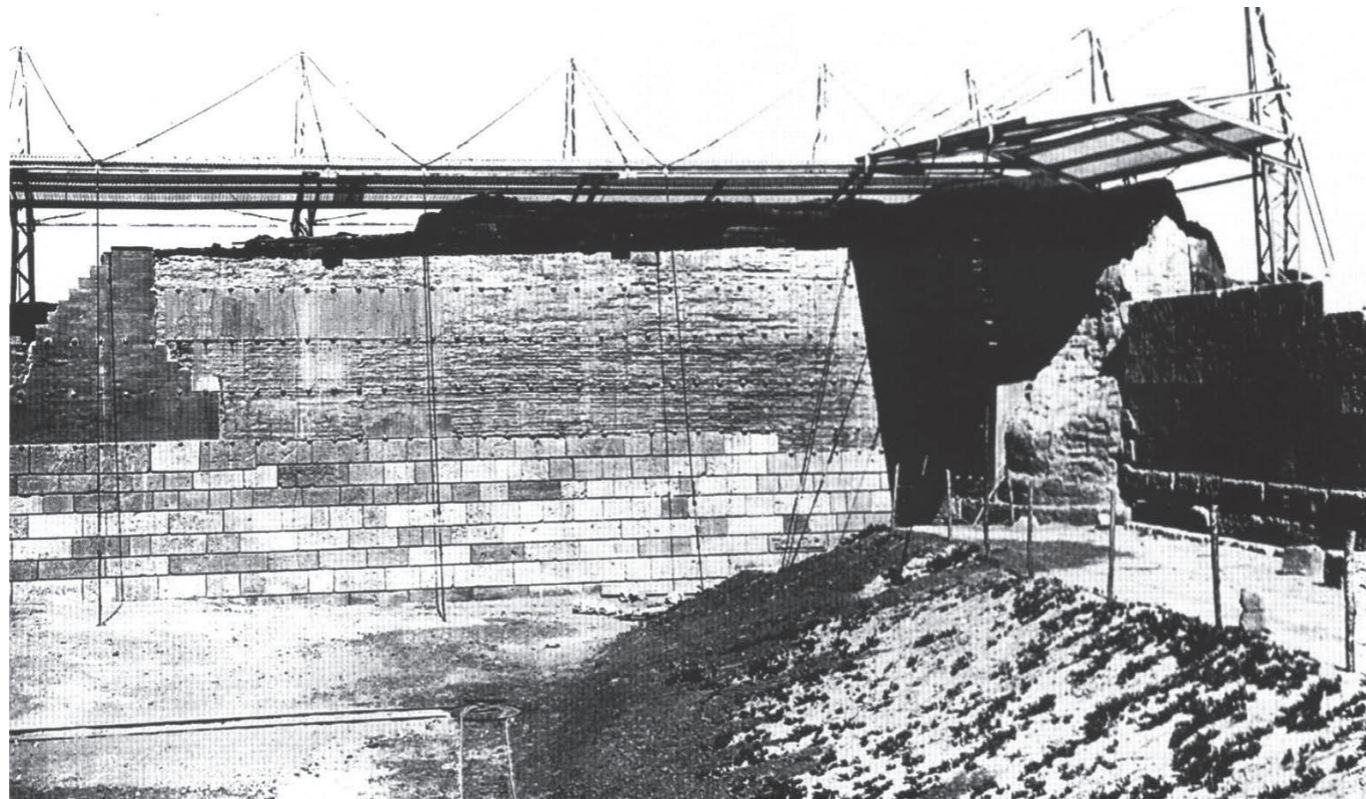
tate all’interno dei principi del restauro. L’insufficiente conoscenza dei sistemi applicati che si aveva all’epoca non toglie comunque il valore pionieristico del modello. Minissi comprese che la sperimentazione di nuovi materiali e, soprattutto, di una trasparenza attiva e vocata alla protezione, doveva essere perseguita per raggiungere quell’equilibrio che consiste nel proteggere assicurando al contempo reversibilità, leggerezza e conoscenza¹⁷. “L’esperienza degli ultimi cinquant’anni ha suscitato un’esitazione di fronte alla scelta di sacrificare il materiale originale alle esigenze contemporanee e una maggiore cautela nell’uso di materiali moderni per la conservazione dei siti, ma fu proprio negli anni ’50 che la moderna conservazione iniziò a essere identificata come un processo critico multidisciplinare, grazie al quale il settore ha potuto continuare a svilupparsi imparando dall’esperienza”¹⁸.

Quello che è mancato nei confronti delle architetture di Minissi, portando alla perdita delle sue architetture trasparenti è stato l’aggiornamento tecnologico, quella continua ricerca sperimentale verso nuove soluzioni corroborate dall’uso di materiali innovativi, aggiornando l’approccio metodologico attraverso le grandi potenzialità che tecnologie e materiali oggi offrono¹⁹.

6.3.1 L’intervento sulle mura di Capo Soprano a Gela (1952-1954)

L’intervento riguarda l’utilizzo museografico del vetro su superfici esterne di particolare pregio poiché appartenenti a un’opera artigianale di tecnologia particolare e rara. Il progetto di Minissi consiste nella protezione della cinta del IV secolo a.C. rinvenuta negli scavi effettuati tra il 1948 e il ’54, nell’area collinare di Capo Soprano a Gela, “una muraglia di grandissimo interesse costituita per 3-4 metri di altezza da pietre squadrate e sovrapposte a incastro, e per la parte superiore del muro in mattoni crudi, dunque molto più fragili, forgiati sul posto e rinnovati da maestranze locali via via che se ne presentava la necessità. Il tutto si era mantenuto in perfetto stato di conservazione, sottoposto per secoli ad uno strato di sabbia che raggiungeva la sommità”²⁰.

La parte superiore della struttura, realizzata a secco con una doppia fodera di mattoni in terra cotta al sole, viene rivestita con un sistema di lastre di cristallo temperato con la precisa intenzione da parte di Minissi di ricreare la pressione statica della secolare sepoltura di sabbia, per evitare il rischio dell’immediato sgretolamento. Le lastre di cristallo temperato vengono poste in opera in coppia, una da ciascun lato del muro, collegate da parte a parte del muro da tiranti in lega di alluminio inossidabile serrati da apposite borchie a vite, con interfaccia in gomma, e ripropongono la lettura dell’antica regolarità della tessitura d’argilla²¹. Lo scarto tra il diametro dei carotaggi (5 cm) e dei tiranti (3 cm) ha provocato, col passare del tempo, l’incurvamento dei tiranti



Mura di Capo Soprano, Gela. Il sistema di protezione ideato da Minissi su indicazioni operative e di metodo di Cesare Brandi

stessi sotto il peso del cristallo. A seguito dei primi dissesti delle schermature protettive viene posta una copertura in lamiera corrugata a effetto traslucido sostenuta da pilastri a traliccio per impedire all'acqua piovana di infiltrarsi nelle fessure create, rimossa poi negli anni '80 dalla Soprintendenza che pone una "copertina" in cemento armato a doppia pendenza più tardi protetta da fogli di lamiera zincata. La mancanza di manutenzione e l'effetto serra prodotto dalle lastre trasparenti favoriscono la proliferazione di una microfauna; a partire dal 1996 le lastre di cristallo cominciano a essere rimosse²². In seguito sarà un ponteggio provvisorio a evitare il dilavamento e a consentire la sostruzione delle parti ammalorate con mattoni di nuova fabbricazione, ma utilizzando una creta di un colore leggermente più chiaro per rendere distinguibile la nuova tessitura. "Riguardo al rivestimento rimosso, Eugenio Galdieri, occupatosi a lungo di monitorarne gli effetti, sottolinea il mancato raggiungimento degli obiettivi iniziali di progetto: la rilettura della tessitura si perdeva a causa dell'infestazione vegetale e dell'umidità di condensa sulla faccia interna del cristallo, ma anche per via del riflesso dell'immagine esterna nelle rare occasioni in cui il diaframma trasparente veniva pulito"²³. Da questo momento in poi, la trasparenza nei progetti di Minissi verrà affidata ai materiali plastici.



Vista generale della tettoia collocata sopra alle mura a seguito della rimozione dell'intervento di Minissi. Sopra, tessiture murarie di epoche diverse e recenti consolidamenti in terra cruda

6.3.2 L'intervento alla Villa del Casale di Piazza Armerina (1957)

Attualmente al centro di un fervente dibattito, il progetto di Minissi per la Villa del Casale di Piazza Armerina, che occupa una superficie complessiva di 3500 mq, vide l'applicazione di "una struttura trasparente, che volumetricamente si sviluppa sulle murature perimetrali dei singoli ambienti della villa, per essere poi coperta da tetti sempre trasparenti a due falde ed a padiglione negli ambienti più grandi [...] La struttura

trasparente delle pareti e della copertura è realizzata in pannelli di me-
tracrilato traslucido (perspex) ed è sostenuta da tubolari metallici [...]. I
pannelli traslucidi in perspex che costituiscono le pareti verticali erano
inizialmente fissi o a lamelle mobili per consentire il cambio dei flussi
d'aria interni²⁴. In particolare la protezione riguarda una pavimenta-
zione musiva del III-IV sec. d.C. scoperta nel 1881 e poi soggetta a
campagne di scavo nel 1942-43.

Le strutture furono progettate da Minissi su precise indicazioni dell'ICR
e di Cesare Brandi, "consulente incaricato da De Angelis d'Ossat di
stabilire i criteri che avrebbero dovuto guidare il progetto per la conser-
vazione in situ dei mosaici, che così spiegava in un testo pubblicato sul
Bollettino dell'Istituto Centrale del Restauro²⁵ il programma museolo-
gico dell'opera: «[...] la copertura dovrà essere a doppio displuvio, per
le acque, e piana al di sotto, dovrà venire realizzata in materiale tra-
sparente simile al vetro negli spioventi e in materiale opaco al di sotto.
È tutto. Tecnicamente è possibile; per la conservazione dei mosaici è
soluzione ideale, perché evita di soterrarli in un ambiente chiuso, non
esige di chiuderli nei vetri chiusi di una serra, evita il calpestio; per il
monumento stesso è l'unica soluzione che ne metta in rilievo lo svilup-
po e la distribuzione planimetrica [...]»²⁶. Lo stato di conservazione
dei mosaici, "al momento della loro scoperta, era pressoché perfetto,
mentre della struttura muraria non restava sostanzialmente che una
serie di ruderi di altezza variabile dal mezzo metro ai due metri. [...] Al
problema della conservazione del monumento, si aggiungeva dun-
que quello di carattere prettamente museografico, determinato dalla
necessità di creare le condizioni più idonee per la migliore visibilità e
lettura dei preziosi pavimenti musivi. La via da seguire che è parsa la
più logica è stata quella di cercare di soddisfare contemporaneamente

Piazza Armerina, Villa del Casale.
Veduta generale del complesso
archeologico



i seguenti punti fondamentali:

1. riformare (non ricostruire) gli spazi-ambiente relativi ai vari mosaici;
2. consentire la visita dell'intero complesso eliminando nel contempo il passaggio del pubblico sopra i mosaici;
3. isolare completamente i mosaici dalle offese atmosferiche senza peraltro togliere ad essi la massima illuminazione;
4. sovrapporre alle antiche strutture opere e materiali di natura sostanzialmente diversa da esse, in maniera da denunciare chiaramente la loro funzione utilitaria, opere che dovevano assicurare, per contrasto, senza creare disarmonie, la perfetta integrità delle strutture murarie antiche.

È stata adottata dunque una esile struttura metallica, appoggiata alla muratura esistente, la quale costituisce l'ossatura portante di un "manto" di materiale plastico che, differenziato nei profili, forma pareti e copertura degli ambienti della Villa. La stessa struttura è stata usata per fare da sostegno ad una passerella metallica che corre sulla sommità dei muri e serve per il passaggio dei visitatori.

Il materiale plastico che dopo varie esperienze è stato scelto è il Perspex di fabbricazione inglese dello spessore di 3,2 mm e nella colorazione fumo trasparente [...]. La chiusura del peristilio e del ninfeo curvilineo è stata realizzata con grandi superfici in cristallo onde ottenere la trasparenza più perfetta. La struttura metallica portante tali vetrate è posta all'interno del peristilio dietro ciascuna colonna, in maniera che la visione di ogni lato del peristilio stesso risulti libera da qualsiasi sovrastruttura²⁷.

Nel corso del tempo le manomissioni al progetto originale riguardarono diversi aspetti che compromisero il controllo climatico²⁸.

Dal 2003 si è acceso il dibattito per la conservazione del progetto di Minissi, anche in conseguenza del fatto che la nuova proposta di intervento non prevede alcun miglioramento tecnologico delle strutture esistenti ma una sostituzione dei materiali: cartongesso al posto del plexiglas, capriate in legno al posto delle strutture metalliche. Ad alcuni studi assunti come base per sostenere che "in assenza di chiusure opache, anche ricorrendo a materiali trasparenti di nuova generazione disponibili in commercio, i parametri microclimatici" non avrebbero potuto essere controllati in modo efficace²⁹, studi condotti tra il 1998 e il 2002 hanno dimostrato che il problema si restringe alla necessità di ventilazione e ombreggiatura³⁰ mentre risultano più dannosi i fattori biologici veicolati dai visitatori e la mancanza di manutenzione.

"In sostanza, per la qualità stessa dell'opera di Brandi e Minissi, qui non ci si trova di fronte al semplice problema del rinnovamento d'una copertura archeologica obsoleta, ma ad un caso di vero e proprio restauro di un'importante architettura contemporanea o, se si vuole, di "restauro del nuovo", con tutto ciò che tale affermazione comporta in termini di metodo: vale a dire di accurata analisi del manufatto, di diagnosi relativa alle sue condizioni conservative ed ai possibili rimedi,



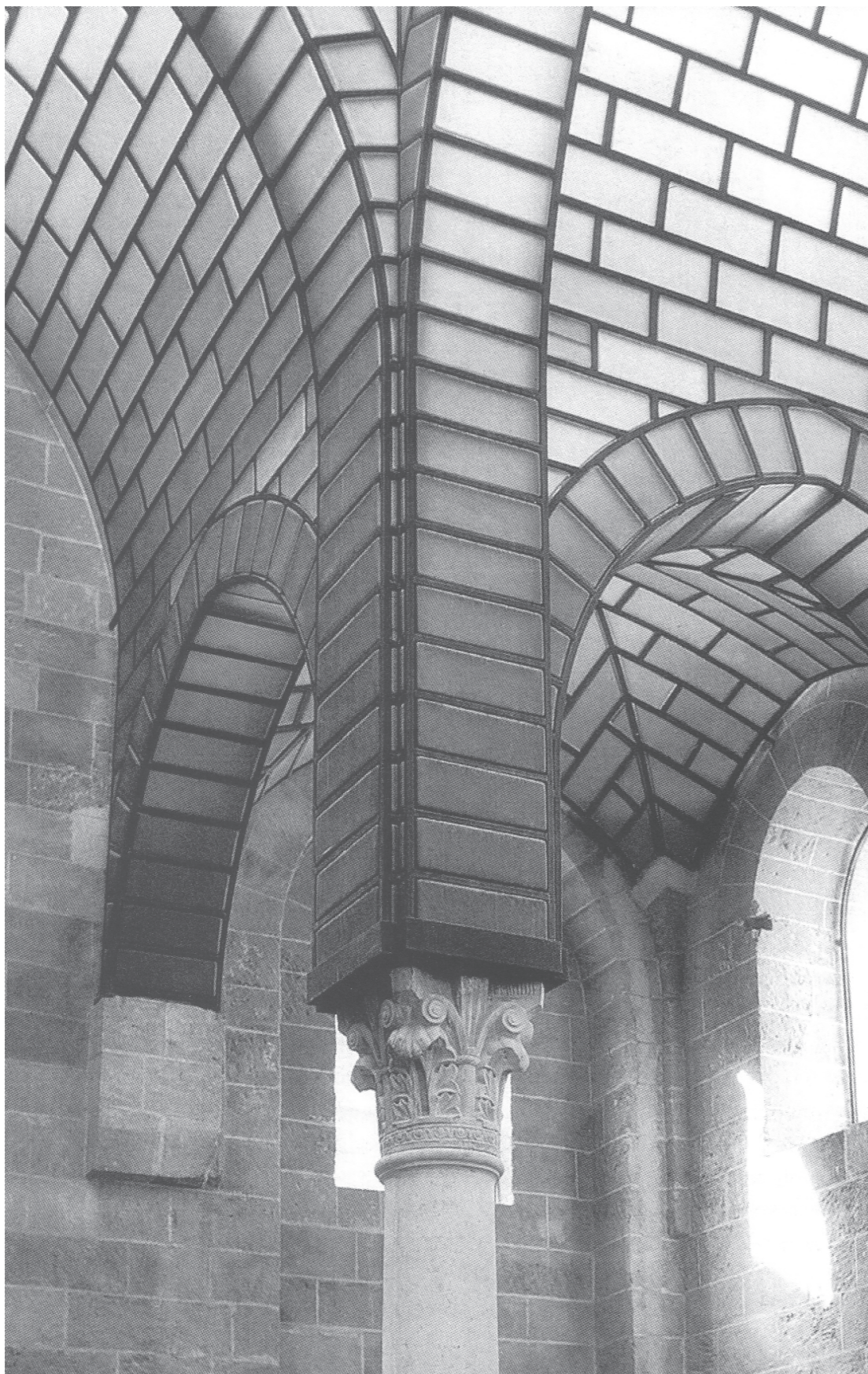
Piazza Armerina, Villa del Casale.
Vista del frigidario



La grande copertura trasparente e le passerelle ancorate tramite tubolari metallici alla muratura di sacrificio realizzata sopra i resti delle strutture murarie antiche



Vista della struttura di copertura



Vista dall'interno dell'intervento di integrazione in perspex della chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo

di perseguita efficienza funzionale (pena il suo ulteriore decadimento insieme a quello dei preziosi resti romani) da valutare, incrementare e, in sostanza, ottimizzare facendo ricorso alle conoscenze scientifiche attuali [...]”³¹.

6.3.3 L'intervento di copertura di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo (1960 - 1963)

L'intervento di Minissi nella chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo (Trapani) è una integrazione che reinterpreta in chiave moderna la tecnica costruttiva di questo raro esempio di architettura arabo-normanna in Sicilia della prima metà del secolo XII. La chiesa dopo aver subito modifiche nel corso dei secoli venne restaurata nelle sue stratificazioni storiche; il progetto venne redatto negli anni 1946-49 e realizzato nel 1960-'61 con l'intenzione di “riportare nello stile dovuto”³² la chiesa. Il progetto elaborato da Minissi mira alla ideale ricostruzione dell'edificio primitivo, dichiarando che “il problema del restauro di un monumento in tali condizioni, in cui cioè altro non resta che i muri perimetrali e le tracce planimetriche di quella che doveva essere la conformazione dello spazio interno, si è presentato particolarmente arduo, data la mancanza di elementi esistenti che avrebbero potuto in qualche modo suggerire con certezza forme e determinati rapporti su cui basare una sua eventuale ricostruzione o completamento”³³, chiarendo inoltre che la ricostruzione ideale dell'interno è stata scelta al fine di eliminare ogni arbitrio tecnico e scientifico. Il progetto consiste in una struttura in ferro leggera, “un filo di ferro con cui si è inteso disegnare nell'aria il negativo del tessuto murario delle volte, delle cupole e di ogni altro elemento architettonico costitutivo della composizione volumetrica dell'interno”³⁴ su cui è posto un manto di perspex trasparente alla luce, di colore bruno simile alla pietra, studiato in modo che i vari elementi incastrati nelle intelaiature metalliche, di forma e dimensioni approssimativamente come i conci di pietra, si presentassero come un tessuto murario in negativo in cui risultassero opache le zone di accostamento delle pietre e trasparenti le pietre stesse. Oltre alle critiche che il progetto subì per alcune scelte interpretative ritenute discutibili e per l'effetto di luce generato dal manto traslucido e giudicato estraneo all'*atmosfera* della chiesa, la struttura iniziò a degradarsi, tanto da richiedere un nuovo progetto nel 1985. La relazione allegata a questo progetto riportava che “lo spazio interno non sembrava assolutamente lo spazio di un'architettura Arabo-Normanna. L'occhio abbacinato da una luce estranea a questo tipo di manufatti, tralasciava la severità e la misura della geometria, divaricando piuttosto tra le arrugginite connessioni di una copertura in perspex trasparente, ardita come idea, ma non risolta tecnicamente e degradatasi nel giro di pochi anni, tanto da presentarsi assolutamente irrecuperabile”³⁵.

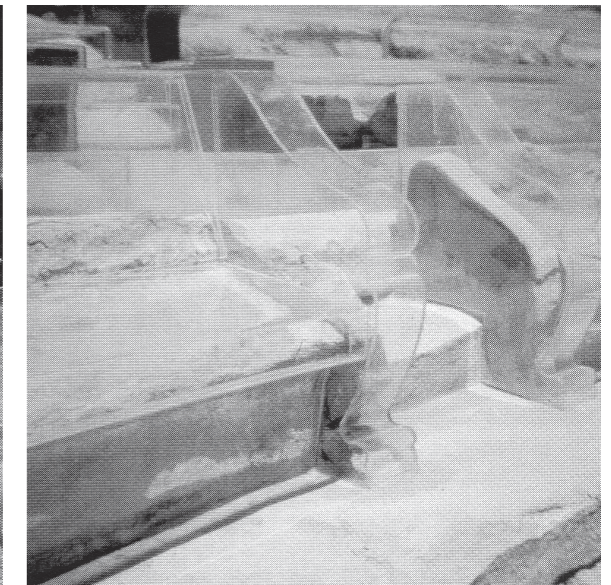


Vista dall'interno dell'intervento di integrazione in perspex della chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo

“Nonostante la schiettezza della forma risultante, la soggettività dell'ipotesi era comunque dichiarata [...]: mai come in questo caso si poteva giustificare l'adozione di un sistema ricostruttivo virtuale, che consentisse un alone di dubbio intorno alla forma originaria anche per i meno esperti. Ma l'intento storico-critico non venne accompagnato da un'articolazione di successivi adeguamenti”³⁶.

6.3.4 L'intervento al Teatro di Eraclea Minoa (1962)

L'aspetto più interessante e innovativo di questo progetto di protezione riguarda la modellazione del perspex al fine di eseguire una sagomatura della materia plastica che ricalcasse la morfologia delle gradonate della cavea inferiore del teatro greco di Eraclea Minoa (Agrigento, IV sec. a.C.); la ricostruzione è teorica e la ricostruzione ipotizzata a seguito di una serie di studi: “gli archeologi e gli storici che collaborarono allo scavo infatti, trovandosi davanti a resti di un teatro scavato in un materiale molto tenue, gessoso, hanno ricostruito graficamente la planimetria della summa cavea”³⁷. Il progetto venne commissionato a Minissi³⁸ a seguito del fallimento dei tentativi di consolidare le gradonate in blocchi di tufo marnoso reso infragilito dal tempo. Si era deciso infatti di rivestire la superficie di tufo con aspersione di una resina acrilica, un protettivo indurente penetrante per circa 3 mm ma incompatibile con il materiale lapideo e quindi reagente in modo diverso agli sbalzi termici, tanto da produrre spazzature nella pietra. Il materiale



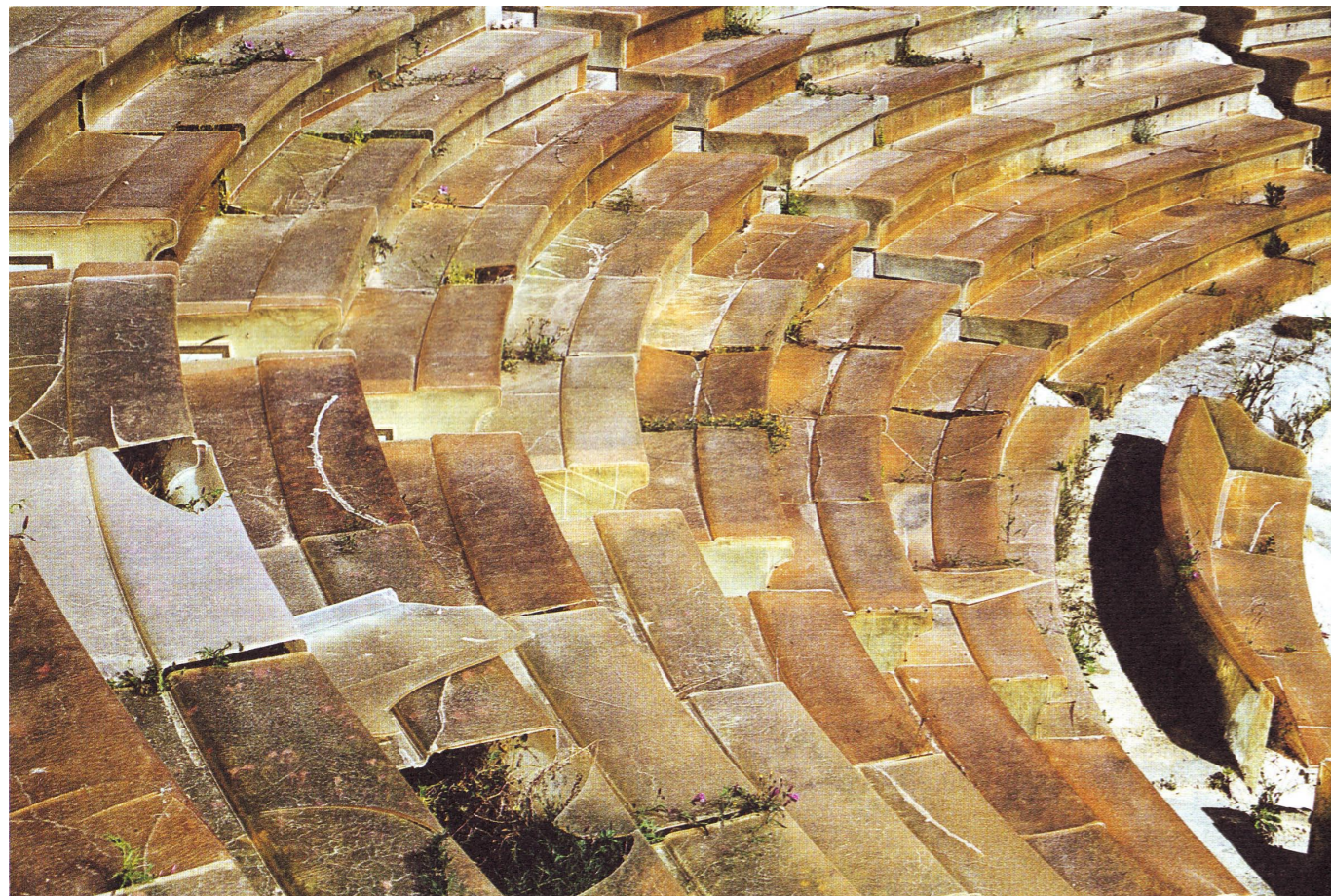
La totale trasparenza dei gradoni sagomati in perspex al momento della posa in opera

Il teatro di Eraclea Minoa con le sedute sagomate in perspex



plastico venne sagomato “in base alla semplificazione estetica delle modanature desunte dagli esemplari lapidei superstiti”³⁹ in modo da ovviare ai fattori di debolezza riscontrati in precedenza: doveva assicurare la tenuta a vento e acqua meteorica, resistere agli sbalzi termici e costituire un sistema dotato di praticabilità. Le lastre, anziché essere appoggiate come era stato inizialmente progettato, furono fissate con staffe metalliche che innescarono processi di corrosione e pressione interna alla pietra, cosa che si aggiunse ai problemi microclimatici nelle intercapedini tra sagome plastiche e gradoni. “I poveri resti vennero rivestiti con sagome di policarbonato riprodotte le gradinate, con uno sgradevole effetto di grossolana artificialità. Laddove le sagome sono posate sul pendio erboso, inoltre, l’effetto serra e la mancanza di manutenzione favoriscono il crescere rigoglioso della vegetazione sotto la copertura di policarbonato, a fronte di un’ipotesi che reggeva sulla erogazione semestrale di un diserbante”⁴⁰. La crescita di vegetazione all’interno delle sagome non venne contrastata né da una adeguata manutenzione né dal sollevamento del materiale plastico; addirittura il diserbante nei primi tempi venne spruzzato attraverso i fori di ventilazione praticati nelle alzate a intervalli regolari, il cui numero non venne aumentato. Inoltre, col passare del tempo, “la trasparenza del perspex

Le prime alterazioni del perspex e il progressivo distacco del materiale plastico



andò scemando per i depositi e la ‘cottura’ della stessa lamina acrilica, per cui venne meno [...] l’intenzione didattica della proposta”⁴¹. Nel 1999 le sagome plastiche di Minissi erano ancora in loco, in uno stato degrado tale da impedire la visione delle gradinate sottostanti e coperte da una flora infestante. “La visione d’insieme delle caratteristiche morfologiche dell’anfiteatro, dell’aspetto e delle qualità della pietra che sostituisce i gradini è impedita dalla copertura in perspex (metacrilato di metile) che si sovrappone al materiale lapideo, secondo uno schema e un andamento che tenta di riproporre l’aspetto originario dell’ambiente scenico”⁴². In quel periodo, sia le condizioni del materiale lapideo che quelle del rivestimento plastico versavano in condizioni pessime; la trasparenza che “originariamente doveva consentire la percezione visiva della roccia sottostante è solo un ricordo lontano e lungo tutta l’ampiezza dei gradini si scorgono fratture ed aperture nel perspex [...]. Il perspex, o metacrilato di metile, è il polimero trasparente utilizzato per la protezione dei resti del teatro con lo scopo di non interferire con i resti archeologici circostanti e con uno scenario naturale bellissimo e suggestivo. Ne è stata sfruttata la trasparenza affinché non fosse limitata l’osservazione dei gradini al di sotto della copertura. Purtroppo le caratteristiche del materiale hanno indotto un riscaldamento dell’atmosfera circostante la pietra calcarea, provocato

Vista complessiva e dettaglio interno della copertura provvisoria realizzata a protezione del teatro a seguito della rimozione delle sagome di materiale plastico



dalla sua scarsa conduttività termica: le radiazioni luminose penetrando all'interno della superficie trasparente, sono riflesse dal terreno senza riuscire a riattraversare il perspex a causa della loro maggiore lunghezza d'onda rispetto a quelle che l'hanno penetrato, impedendo la dispersione del calore verso l'esterno, il metacrilato di metile, aumenta la temperatura e le sollecitazioni termiche in seno alla roccia; il vapore di condensa che si va depositando sulle superfici interne del perspex diminuisce ulteriormente la trasmissione termica tra il giorno e la notte e le sollecitazioni meccaniche cui è soggetta la pietra⁴³.

Il rivestimento venne rimosso completamente nel 2000 e venne posta in opera, a protezione dei resti del teatro, una copertura provvisoria.

La forte valenza sperimentale dei progetti di Minissi non ha prodotto un riverbero che ne seguisse le linee fondamentali tracciate; non ne sono state comprese le potenzialità, come i de-restauri che i suoi interventi hanno subito dimostrano, e non è avvenuta una crescita, un'implementazione, un aggiornamento tecnologico. Il lavoro che era stato da lui compiuto sulla trasparenza è stato annullato, cancellata la tecnologia.

Le intuizioni di Minissi nei confronti delle nuove tecnologie e della proprietà della trasparenza, materializzate nei suoi progetti e rimaste congelate nel passato senza coglierne gli spunti di innovazione sono:

- la comprensione dell'importanza dell'innovazione tecnologica negli interventi in cui ci si confronta con la materia antica;
- il potenziale delle *qualità* delle nuove trasparenze di sintesi;
- l'adattabilità morfologica dei nuovi materiali;
- l'integrazione eseguita attraverso la trasparenza in relazione alla distinguibilità e al rispetto della preesistenza.

Note

¹ Franco Minissi, architetto di origine viterbese e formazione romana, operò all'Istituto Centrale del Restauro dal 1950; è stato professore ordinario di *Allestimento e Museografia* alla Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", professore di *Vitalizzazione ed adattamento di antichi edifici – Criteri di Museologia* alla Scuola di Specializzazione per lo Studio e il Restauro dei Monumenti dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Esperto dell'UNESCO in Museografia e Restauro; membro del consiglio scientifico del "Centro Studi per la Museologia, l'espressione e la comunicazione visiva" dell'Università Internazionale dell'Arte di Firenze; membro del Consiglio direttivo dell'ICMOS. Insignito del premio nazionale IN ARCH (premio dell'Istituto Nazionale di Architettura la cui prima edizione venne istituita nel 1962, occasione in cui Giulio Carlo Argan ne fece la presentazione) 1964 per la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico nazionale e del premio regionale IN ARCH 1969 per "la realizzazione delle sistemazioni museografiche in Sicilia". Tra le sue opere: il restauro e la protezione delle fortificazioni greche di Caposoprano, il restauro e la protezione dei mosaici pavimentali della Villa romana del Casale, la copertura protettiva del teatro di Eraclea Minoa, il restauro della chiesa barocca del SS. Salvatore a Palermo, il restauro e la protezione della chiesa normanna di San Nicolò Regale a Mazara

del Vallo, il restauro del complesso della chiesa e del convento di San Nicola ad Agrigento, il restauro dell'abbazia di S. Maria delle Cerrate a Squinzano, Lecce, il restauro architettonico e l'allestimento del Museo Nazionale di Villa Giulia a Roma, la realizzazione del Museo del Tesoro di San Pietro a Roma, l'allestimento della Sala dello Stenditoio nel complesso del San Michele a Roma, l'allestimento del Museo Civico Archeologico nell'ex convento medievale di Santa Maria della Verità a Viterbo, il restauro ed allestimento del Museo etrusco nel Castello Ruspoli di Cerveteri, l'allestimento del Museo Nazionale Pepoli a Trapani, l'allestimento del Museo Nazionale Archeologico di Ancona, il Museo Nazionale della Zecca presso il Ministero delle Finanze a Roma.

² Cfr. B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico. Primi contributi di Franco Minissi*, in "Arkos – Scienza e Restauro dell'Architettura", n. 12, ottobre/dicembre 2005, Nardini Editore, Firenze, p. 20.

³ Ivi, p. 18.

⁴ *Ibidem*.

⁵ Cfr. B. VIVIO, *La villa del Casale di Piazza Armerina e il mancato restauro del restauro*, in "Parametro" 266, ott/nov 2006, p. 71.

⁶ G. CARBONARA, *Restauro del moderno e archeologia a Piazza Armerina. La sistemazione di Franco Minissi della Villa Romana del Casale*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini 2006, p. 37.

⁷ F. MINISSI, *Applicazione di laminati plastici (resine acriliche) nella tecnica del restauro e conservazione dei monumenti*, in "Il Monumento per l'uomo - Atti del II Congresso Internazionale del Restauro", Venezia, 25-31 maggio 1964, Marsilio Editori, Padova 1972, p. 285.

⁸ *Ibidem*. L'intervento di Minissi prosegue per "mettere in evidenza alcuni punti fondamentali che ritengo debbano essere tenuti presenti in qualsiasi intervento operato per la salvezza o per la migliore conoscenza di un monumento: ogni opera di restauro, di qualsiasi natura essa sia, comporta una notevole quantità di rischio e richiede perciò la capacità di assumere la piena responsabilità del risultato; il risultato, anche se perfettamente soddisfacente rispetto ai fini che l'intervento si propone, comporta inevitabilmente uno o più compromessi sotto altri punti di vista; il problema più importante da risolvere, soprattutto con la nostra coscienza di uomini, di studiosi e di tecnici, è quello di giungere alla convinzione assoluta della necessità di intervenire in quel determinato modo, valutando col massimo rigore ciò che il monumento andrà a guadagnare e ciò che esso andrà a perdere secondo una scala di valori concreti ed obiettivi".

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ F. PREMOLI, *Franco Minissi: museografia per l'archeologia e oltre*, in "Patrimonio archeologico, progetto architettonico e urbano", a cura di Maurizio Boriani, Atti del convegno "Patrimonio archeologico, progetto architettonico e urbano", Politecnico di Milano, Facoltà di Architettura, 21-22 maggio 1996, Alinea Editrice, Firenze 1997, p. 98.

¹¹ Sulle diverse nomenclature attribuite al materiale plastico trasparente utilizzato da Minissi negli anni '50-'60, si è potuto constatare dalle fonti consultate che tale materia, denominato a volte perspex a volte plexiglas, a volte addirittura policarbonato, esiste una confusione terminologica, perspex e plexiglas sono i nomi commerciali di un tipo di metacrilato traslucido, dalle proprietà lontane da quelle dell'attuale polimetilmetacrilato (PMMA) che però corrisponde ai suddetti, nomi commerciali. Lo stesso Minissi descrive il materiale da lui utilizzato come "Metacrilato di Polimetilene, denominato commercialmente perspex" in F. MINISSI, *Applicazione di laminati plastici (resine acriliche) nella tecnica del restauro e conservazione dei monumenti*, op. cit., p. 286. Cfr. anche N. SANTOPUOLI, *Il restauro della Villa Romana del Casale di Piazza Armerina. Struttura e aggiornamento tecnologico*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini 2006, pp. 40-45.

¹² *Ibidem*.

¹³ Citazione tratta dall'intervento di Franco Minissi al Convegno "Patrimonio archeologico e progetto architettonico e urbano", 21-22 maggio 1996, Facoltà di Architettura, Milano, citato in F. PREMOLI, op. cit., p. 100. Sul problema della mancata manutenzione dell'intervento al teatro di Eraclea Minoa confronta anche P. FANCELLI, *Disiecta membra: identità del restauro archeologico*, in "Patrimonio

archeologico, progetto architettonico e urbano”, a cura di Maurizio Boriani, Atti del convegno “Patrimonio archeologico, progetto architettonico e urbano”, Politecnico di Milano, Facoltà di Architettura, 21-22 maggio 1996, Alinea Editrice, Firenze 1997, p. 94.

¹⁴ F. PREMOLI, *Franco Minissi: museografia per l'archeologia e oltre*, op. cit. p. 100.

¹⁵ Ivi, pp. 100-101.

¹⁶ B. ZEVI, Polemiche sul museo, in “Cronache”, 1955, ripubblicato in “Hinterland” n. 21/22, 1982, citato in F. PREMOLI, *Franco Minissi: museografia per l'archeologia e oltre*, op. cit. p. 101.

¹⁷ Cfr. G. GUERRERA, S. TUSA, *Attualità dell'opera di Franco Minissi*, in “Franco Minissi e il progetto di restauro della Villa del Casale a Piazza Armerina”, Catalogo della Mostra “Franco Minissi e il progetto di restauro della Villa del Casale a Piazza Armerina”, Palermo, 23-28 aprile 2007, a cura di Katuscia Sferrazza e Ilenia Grassettoni, Stampa Eurografica, Palermo 2007, p. 10.

¹⁸ B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico*, op. cit. p. 24.

¹⁹ Cfr. G. GUERRERA, S. TUSA, *Attualità dell'opera di Franco Minissi*, op. cit. p. 11.

²⁰ F. PREMOLI, *Franco Minissi: museografia per l'archeologia e oltre*, op. cit., p. 98.

²¹ Cfr. B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico*, op. cit., p. 21.

²² *Ibidem*, ove si riporta anche che le diagnosi sugli effetti dei primi cedimenti delle lastre di cristallo sono state eseguite da Eugenio Galdieri nel 1997 e che la rimozione delle lastre di cristallo “rivela ingenti perdite del materiale originale. In un sopralluogo del 2000, la liberazione del muro dalla soletta sommitale mette in luce in alcuni punti una riduzione dello spessore originale di 2,70 m a soli 90 cm, a causa del livellamento del colmo mediante posa di mattoni di nuova fabbricazione”.

²³ *Ibidem*.

²⁴ N. SANTOPUOLI, *Il restauro della Villa Romana del Casale di Piazza Armerina. Struttura e aggiornamento tecnologico*, in “Paesaggio Urbano” 1/2006, Maggioli Editore, Rimini 2006, pp. 41-42.

²⁵ Il Bollettino dell'Istituto Centrale del Restauro cui si fa riferimento è il n. 27/28 del 1956.

²⁶ G. GUERRERA, S. TUSA, Il progetto di restauro della Villa del Casale, in “Franco Minissi e il progetto di restauro della Villa del Casale a Piazza Armerina”, op. cit. pp. 32-33.

²⁷ F. MINISSI, *Due recenti esperienze museografiche*, in “Musei e gallerie d'Italia”, n. 11-12, maggio-ottobre 1960, pp. 68-68. “Le coperture degli ambienti sono state realizzate con doppio o semplice spiovente all'esterno, e con soffitto piano all'interno, al fine di ottenere la necessaria camera d'aria per l'isolamento termico, per l'occultamento delle strutture metalliche superiori e l'annullamento della loro ombra sul pavimento musivo. Le pareti sono state realizzate, in parte con superfici ondulate interne e in parte con superfici lamellari tipo persiana. Queste ultime infatti, insieme ad alcune delle pareti interne apribili per scorrimento assicurano la aerazione degli ambienti nella stagione calda. Il deflusso delle acque piovane avviene a mezzo di grandi canali della larghezza dei muri sottostanti, che seguono l'andamento di essi e scaricano nella antica fognatura a tale scopo ripristinata”.

²⁸ Cfr. B. VIVIO, *La villa del Casale di Piazza Armerina e il mancato restauro del restauro*, op. cit. p. 70, in cui si riporta che le manomissioni eseguite riguardarono “la sostituzione delle lamelle frangiluce, che proiettavano troppe ombre, con elementi fissi più atti ad ostacolare la luce ma anche l'aria; la rimozione delle ventole applicate alle pareti, perché rumorose, non sostituite però con ventole di ultima generazione; l'installazione di porte di sicurezza in vetro, lasciate spesso chiuse”.

²⁹ G. MELI, *Lettera aperta del progettista e dei consulenti*, 17 luglio 2006, citata in B. VIVIO, *La villa del Casale di Piazza Armerina e il mancato restauro del restauro*, op. cit. p. 70.

³⁰ Le indagini condotte sul luogo sono state eseguite dall'ICR e dall'Unità di Salvaguardia del Patrimonio Artistico dell'ENEA, da M.C. LAURENTI (a cura di), *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Gangemi Editore, Roma 2006, citato in Cfr. B. VIVIO, *La villa del Casale di Piazza Armerina e il mancato restauro del restauro*, op. cit. p. 70 e p. 79.

³¹ G. CARBONARA, *Restauro del moderno e archeologia a Piazza Armerina*, op. cit., p. 33.

³² R. CORRAO, *I restauri della chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo*, in “Dal sito archeologico all'archeologia del costruito. Conoscenza, Progetto e Conservazione”, Atti del Convegno di Studi Scienza e Beni Culturali, Bressanone, 3-6 luglio 1996, a cura di Guido Biscontin e Guido Driussi, Arcadia Ricerche Editore, Padova 1996, p. 328.

³³ Dalla relazione di Franco Minissi allegata al progetto del 1960, in R. CORRAO, *I restauri della chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo*, op. cit., p. 329.

³⁴ *Ibidem*, ove si riporta che Minissi aggiunge: “La struttura metallica sarà ancorata alle murature perimetrali ed agli archi interni *ricostruiti* in c.a. A tale proposito è opportuno far notare che la ricostruzione di detti archi è stata suggerita da un voto del Consiglio Superiore delle Antichità e Belle Arti (3° sez.) , nel quale è stata appunto indicata l'opportunità di ricostruire con tecnica muraria, differenziata da quella antica, quelle parti di sicura determinazione formale”.

³⁵ Dalla relazione di progetto redatta dall'arch. Marilù Balsamo nel 1988, in R. CORRAO, *I restauri della chiesa di San Nicolò Regale a Mazara del Vallo*, op. cit., p. 331.

³⁶ B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico*, op. cit., p. 23.

³⁷ F. PREMOLI, *Franco Minissi: museografia per l'archeologia e oltre*, op. cit., p. 100.

³⁸ L'incarico fu affidato a Franco Minissi dall'archeologo Pietro Griffo, allora a capo della Soprintendenza Archeologica di Agrigento; cfr. B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico*, op. cit., p. 23.

³⁹ *Ibidem*.

⁴⁰ F. PREMOLI, *Franco Minissi: museografia per l'archeologia e oltre*, op. cit., p. 100. È da notare la confusione nell'identificazione del materiale plastico utilizzato, denominato in questo caso erroneamente policarbonato.

⁴¹ Cfr. B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico*, op. cit., p. 23.

⁴² A. FORTE, *Degrado da pedogenesi nel teatro di Eraclea Minoa*, in A. Sposito et. al., “Sylloge archeologica. Cultura e processi della conservazione”, Stampa Tipografia Priulla, Palermo 1999, pp. 121. Si noti come l'autore identifica il materiale plastico con precisione, come metacrilato di metile, dal nome commerciale perspex.

⁴³ Ivi, p. 122 e p. 125.

Progetti di riferimento: schede di analisi

L'analisi qualitativa e di frequenza di utilizzo della proprietà della trasparenza affidata ai materiali di sintesi negli interventi di protezione, restauro e valorizzazione viene affrontata attraverso un approccio critico e comparativo di una serie di progetti realizzati. Il bacino di interventi presi a riferimento parte da realizzazioni risalenti agli anni Settanta sino a progetti contemporanei e riguardano interventi in ambito archeologico. Vengono illustrati i criteri perseguiti nella scelta dei progetti e i criteri dell'apparato di schedatura proposto, seguito da una sintesi conclusiva sulla base del panorama di applicazioni proposto.

“Luna impudica, al tuo improvviso lume
Torna, quell'ombra dove Apollo dorme,
A trasparenze incerte.
...”

Giuseppe Ungaretti, da *Notte di marzo*, 1927

- 7.1 Parametri analitici per l'individuazione dei progetti di riferimento
- 7.2 I criteri dell'apparato di schedatura
- 7.3 Schede di analisi dei progetti

7.1 Parametri analitici per l'individuazione dei progetti di riferimento

Le schede di analisi e approfondimento dei progetti selezionati come ambito di riferimento illustrano una casistica di utilizzi di materiali di sintesi con proprietà di trasparenza in progetti che rientrano nel campo del restauro, della protezione e della valorizzazione.

Sin dalle prime fasi della ricerca, è stata immediatamente evidente la difficoltà di reperire casi studio con queste caratteristiche, nonché l'assenza di un quadro di riferimento di progettisti e aziende che si fossero già confrontati con questo tema.

Un primo dato significativo è determinato dal fatto che la totalità di casi studio reperiti riguarda interventi realizzati a protezione di siti archeologici, posti in opera o immediatamente dopo le fasi di scavo o successivamente. Oltre a ciò, è stato possibile constatare che per lo più i materiali di sintesi trasparenti sono utilizzati come manto a chiusura superiore di strutture di copertura, molto raramente in forma di lastre applicate verticalmente a protezione di superfici murarie e in un solo caso sagomate per assicurare la migliore protezione abbinata alla valorizzazione e "lettura" del manufatto.

La scarsità di informazioni riscontrata dipende principalmente dalla rarità dei casi in cui materiali di sintesi trasparenti sono stati utilizzati in progetti di conservazione; secondariamente dal fatto che molto spesso, trattandosi di realizzazioni poste in opera in forma provvisoria o in situazioni di emergenza, non sono né progettati, né realizzati sotto la direzione di un architetto progettista. Inoltre, raramente i progetti reperiti sono stati oggetto di pubblicazione, se non per quanto riguarda le fasi di scavo, studio e restauro dei manufatti archeologici ma quasi mai per quanto riguarda le tecnologie di intervento impiegate nel progetto di protezione.

Ad eccezione degli interventi realizzati più recentemente (dalla seconda metà degli anni Novanta in poi), tra i dati riguardanti i singoli progetti che è stato possibile recuperare, quasi mai sono state fornite la natura e le caratteristiche tecniche del materiale trasparente posto in opera, perché non note.

È stato scelto tuttavia di contemplare anche questi casi lacunosi nei dati tecnici e nelle informazioni di base, poiché comunque costituiscono una prima importante raccolta di realizzazioni utili nel tracciare il panorama di applicazioni e nel proporre valutazioni critiche in merito alle qualità di effettiva protezione del bene monumentale, all'impatto ambientale e alle condizioni di lettura e fruizione del manufatto storico. Sono stati considerati anche i casi in cui i componenti utilizzati nel progetto di protezione presentano caratteristiche di traslucenza o sfumature cromatiche, oltre ad alcuni progetti in cui la caratteristica della trasparenza è stata utilizzata parzialmente, ovvero laddove, in manti di copertura, lastre trasparenti o traslucide sono abbinati o alternati a la-

stre opache. L'unico caso analizzato in cui la trasparenza della struttura di progetto è affidata al vetro, è stato inserito nell'apparato di schede perché ritenuto significativo nel livello qualitativo delle tecnologie del vetro impiegate a fronte di un risultato molto lontano dalle logiche della valorizzazione e della fruizione.

I progetti reperiti sono tutti nazionali ad eccezione di due interventi in Spagna e in Turchia che sfruttano i materiali di sintesi trasparenti in località peraltro significative poiché presentano analoghi problemi climatici, turistici e archeologici.

7.2 I criteri dell'apparato di schedatura

Le schede sono state inserite per ordine cronologico in base alla data di realizzazione dei progetti e numerate progressivamente.

Ogni scheda è individuata da un numero progressivo e dal titolo, esplicativo del tipo di intervento e della localizzazione geografica. Accanto al titolo sono inseriti simboli grafici, che identificano le caratteristiche del progetto in relazione a:

- collocazione del componente trasparente verticalmente o in orizzontale;
- struttura del componente lastra (compatta, alveolare, ondulata);
- lastra piana o sagomata;
- totale trasparenza o la traslucenza del componente;
- carattere temporaneo o permanente della struttura nella sua fase ideativa.



Sotto al titolo è riportata un'immagine di riferimento che consente un'immediata comprensione generale del tipo di intervento, seguita dai dati sintetici che riguardano:

- localizzazione geografica del caso analizzato;
- datazione del manufatto storico oggetto dell'intervento;
- data di realizzazione dell'intervento;
- dati dimensionali, al fine di comprendere la consistenza dell'intervento;
- progettista o gruppo di progettazione;
- committente.

A seguire questi dati di riferimento, è riportato un breve abstract che illustra sinteticamente il progetto e le sue eventuali specificità.

Lo sviluppo della scheda comprende poi:

- descrizione del contesto storico di intervento e dello stato conservativo del manufatto;
- valutazione dei requisiti prestazionali coinvolti nel progetto;
- descrizione del progetto;
- schema riassuntivo delle soluzioni tecnologiche adottate.

A tal proposito, la prima voce specificata identifica il progetto in *provvisorio* o *permanente*; questa distinzione è stata resa necessaria dal fatto che, spesso, progetti nati come protezioni provvisorie di aree scavate o restaurate in attesa di una sistemazione definitiva, sono rimasti definitivamente in opera; aspetto che risulta particolarmente significativo sia per la conservazione dei manufatti storici che per quella delle tecnologie adottate: una struttura o un dispositivo di protezione nati come provvisori per soddisfare esigenze di emergenza, non soddisfano i requisiti tecnologici ed estetico-funzionali per proteggere permanentemente le strutture storiche, andando incontro a deterioramento.

Viene poi riportata una nota circa la volumetria del progetto, non in termini dimensionali ma di sviluppo del dispositivo di protezione: per le strutture di copertura si rileva se si tratta di volumetrie complesse e articolate o semplici e regolari, aspetto legato alla valutazione dell'impatto visivo-percettivo della tecnologia adottata in relazione al contesto storico; nel caso di lastre applicate verticalmente, la volumetria indicata è quella originale, poiché il progetto non contribuisce a variarla.

Si indicano poi le caratteristiche del sistema tecnologico impiegato:

- struttura di fondazione;
- struttura di elevazione verticale e orizzontale;
- chiusura verticale;
- chiusura superiore.

Ciascuna scheda riporta poi, in ultimo, una sintesi conclusiva riferita alle *qualità* dell'utilizzo della trasparenza e all'esito, in termini di coerenza col manufatto storico, dal punto di vista delle caratteristiche estetico-funzionali complessive. Seguono i principali riferimenti bibliografici specifici per il singolo progetto.

Oltre alle immagini fotografiche di riferimento, ogni scheda è corre-

data da un apparato iconografico costituito da schemi grafici utili alla comprensione del progetto; la schematizzazione, eseguita ad opera dell'autrice nella maggioranza dei casi per mancanza di fonti, è stata realizzata esclusivamente per quanto riguarda gli aspetti ritenuti volta per volta più significativi (piante, sezioni schematiche, nodi tecnologici). La schematizzazione è stata eseguita per quei progetti per i quali fossero disponibili almeno alcuni dati noti di partenza, e ha valore indicativo, non avendo potuto reperire dati sufficienti ad una graficizzazione esaustiva e dettagliata. Laddove sono state schematizzate le tecnologie di intervento, queste sono state disegnate con un tratto rosso, mentre la preesistenza è graficizzata con tratto grigio.

7.3 Schede di analisi dei progetti

Elenco degli interventi schedati:

01 - Copertura dell'altare del Santuario di Apollo, Portonaccio, Veio (1950 c.a.)

02 - Copertura dell'area archeologica di Poggio Moscini, Bolsena, Viterbo (1970 c.a.)

03 - Copertura del santuario ellenistico, Monterinaldo, Ascoli Piceno (1970 c.a.)

04 - Copertura del santuario di Pratica di Mare, Pomezia, Roma (1975 c.a.)

05 - Copertura dell'abitato etrusco di San Giovenale, Blera, Viterbo (1980 c.a.)

06 - Copertura di un'abitazione ellenistica e dell'anfiteatro di Roselle, Grosseto (1990 c.a.)

07 - Copertura del Dolmen Fresari, Bisceglie, Bari (1990 c.a.)

08 - Copertura di una domus e complesso termale di Fregellae, Arce, Frosinone (1991)

09 - Copertura del teatro di Urbisaglia, Macerata (1995)

10 - Copertura della Casa dei Mosaici a Iasos, Turchia (1995-1998)

11 - Galleria lapidaria, Ostia antica (1997-1999)

12 - Copertura della Casa del Centenario nel sito archeologico di Pompei (1997-2001)

13 - Lastre protettive verticali a protezione di dipinti murali della Casa del Centenario, sito archeologico di Pompei (1997-2001)

14 - Copertura dell'Orto dei fuggiaschi, sito archeologico di Pompei (1998-2000)

15 - Copertura del complesso termale di Sassocorvaro, Ancona (2000-2001)

16 - Copertura del Teatro romano di Caesaraugusta, Saragozza (2003)

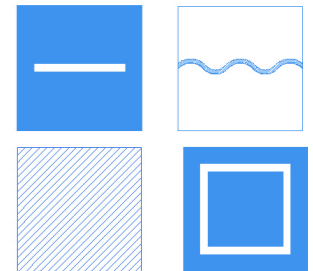
17 - Copertura della Villa Romana di Patti Marina, Messina (2002-2007)

18 - Lastre protettive verticali a protezione di dipinti murali lungo via Abbondanza, Pompei (2003-2006)

19 - Lastra protettiva sagomata a protezione della caldaia lungo via Abbondanza, Pompei (2003-2006)

20 - Copertura del Foro dell'antica Puteoli, Pozzuoli, Napoli (2007)

Copertura dell'altare del Santuario di Apollo, Veio



Localizzazione

Località Portonaccio, o dell'Apollo, Veio, Roma
VI sec. a.C.
1950 c.a.

Datazione del manufatto archeologico Data dell'intervento

Dati dimensionale Autore dell'intervento Committente

25 mq c.a.
-
Soprintendenza per i Beni Archeologici di Roma

Abstract

Il progetto riguarda la copertura del Santuario di Apollo, Veio, Roma, allo scopo di proteggere i resti dell'altare scoperti nel 1916, soggetti ad una campagna di scavo e restauro nel 1939-1940 e studiati, per quanto riguarda la catalogazione dei materiali, nel 1950 e poi nel 1980. La struttura di copertura, attualmente fortemente degradata, è costituita da travi e pilastri in acciaio; la struttura secondaria, sempre in acciaio, regge pannelli in materiale plastico traslucido a formare una copertura a padiglione a quattro falde.

Il contesto di intervento

Lo stato di Veio occupava in origine il territorio tra i laghi di Vico e di Bracciano, affacciandosi sul mare con un breve tratto di costa compreso tra le foci del Tevere dell'Arrone. Con la dominazione romana, Veio perse la comunicazione col mare e nel 396 a.C. la città fu espugnata,

distrutta e gran parte del suo territorio fu annesso alla stato romano. L'acropoli della città etrusca era nella località "Piazza d'Armi" ove si è rinvenuto un tempio, nella località Portonaccio invece venne rinvenuto il Santuario dell'Apollo. Questo santuario sorgeva presso una fonte di acque salutari, a un livello intermedio tra l'altopiano della città e uno dei corsi d'acqua che la cingevano. Entro un muro di recinzione v'erano un tempio a tre celle, una grande piscina, e un'arca sacra con altare e fossa per sacrifici. Il santuario dovette rimanere in uso fino all'età romana.

La scoperta del Santuario di Portonaccio risale al 1916 e avvenne grazie alle ricerche condotte dal Giglioli in questa zona. Nel 1939 e per breve parte del 1940, Massimo Pallottino condusse una fruttuosa campagna di scavo e di attività di restauro. Il completamento dell'esplorazione del santuario avvenne nel 1944 ad opera di M. Santangelo e il catalogo dei materiali rinvenuti fu stilato solo nel 1950. Nel 1980 circa l'area di Veio tornò ad essere studiata.



Vista dall'esterno della copertura dei resti dell'altare

Valutazione dei requisiti prestazionali

Esigenza primaria dell'intervento era quella di fornire una protezione ai resti dell'altare del santuario contro gli agenti atmosferici, mediante una struttura leggera e rapida da porre in opera e che non implicasse lo scavo per fondazioni profonde, al fine di non compromettere il terreno circostante al ritrovamento.

Significativa per l'esito dell'intervento è la considerazione relativa all'epoca in cui la copertura è stata posta in opera; i materiali sono po-

veri e fortemente degradati, soprattutto per quanto riguarda il materiale plastico traslucido che, in origine probabilmente creava un interessante effetto di luce diffusa sui resti archeologici, ma che ha subito un forte degrado in termini di patina biologica, proliferazione di microrganismi, presenza di vegetazione. Anche le strutture metalliche presentano macchie, soprattutto di ruggine, e presenza di vegetazione nei nodi tra travi e pilastri, indice di mal funzionamento del sistema di smaltimento di acque meteoriche.

Immagini di dettaglio della struttura di copertura, dal basso. Sono visibili l'effetto traslucido del manto in materiale plastico e lo stato di degrado



Il progetto di intervento

La struttura di copertura a quattro falde è costituita da un sistema di quattro pilastri scolorari angolari con pianta a croce e travi in acciaio, con struttura secondaria snella e sempre in acciaio e una serie di tiranti; la struttura regge un manto di pannelli ondulati in materiale plastico traslucido.

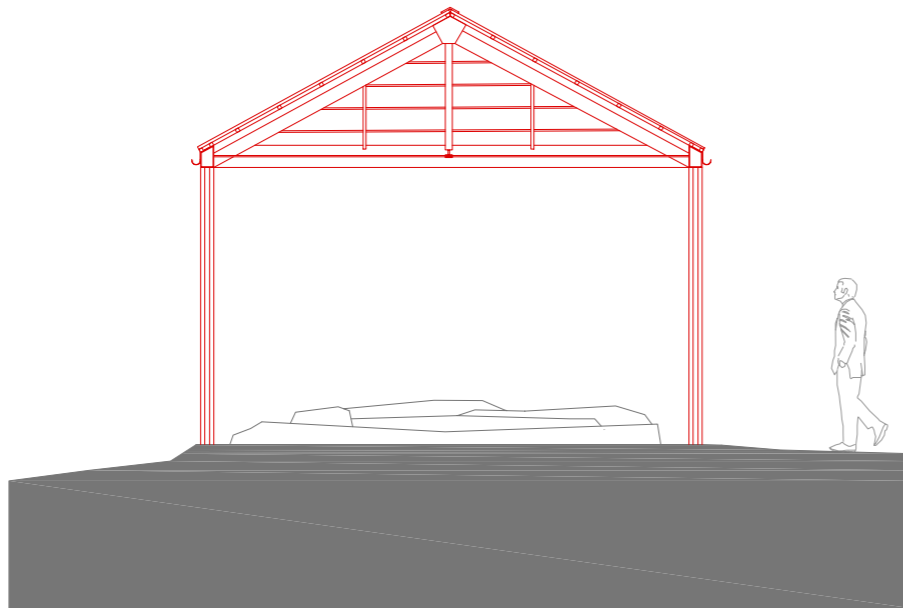
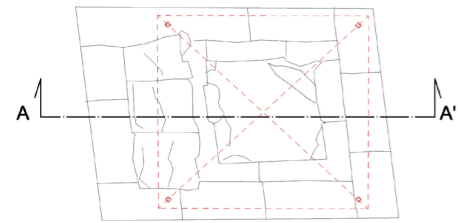
Progettata per essere permanente, la struttura definisce un semplice spazio singolo rettangolare a volumetria regolare. La fondazione è diretta ed è costituita da plinti in c.a.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo di volumetria regolare su pianta semplice rettangolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta, plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Travi e pilastri in acciaio
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Manto in lastre di materiale plastico traslucido



In alto, schema della pianta dell'altare del Santuario di Apollo e, a destra, sezione A-A' della semplice copertura a quattro falde con struttura portante in acciaio e manto in pannelli di materiale plastico traslucido

Sintesi critica e conclusioni

Il progetto di copertura nasce come struttura permanente, finalizzata alla protezione dei resti dell'altare del santuario di Veio.

La struttura è leggera, caratterizzata da rapidità di montaggio e flessibilità teorica (si suppone altrettanto rapida l'eventuale fase di smontaggio). È totalmente reversibile ed, eventualmente, di agevole manutenzione, ma non fornisce una particolare protezione dagli agenti atmosferici e alcun controllo microclimatico.

La struttura non propone una morfologia con velleità ricostruttive e si pone come soluzione contemporanea creando un volume estraneo alle preesistenze; l'impatto è però forte a livello visivo-percettivo e la struttura è complessivamente piuttosto invasiva.

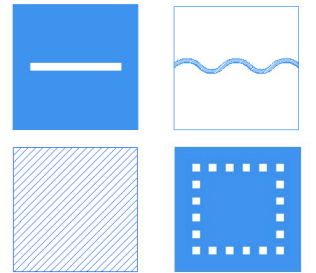
Si può ipotizzare, non avendo a disposizione documentazione tecnica relativa al materiale plastico traslucido, che sia un materiale datato agli anni '50, e quindi privo di protezione dagli agenti aggressivi e dai raggi ultravioletti.

Riferimenti bibliografici

G. Colonna, *Veio*, in "Veio, Cerveteri, Vulci. Città d'Etruria a confronto", Catalogo della mostra, Roma 2001, pp. 3-4, 37-44, 65-68.

G. Colonna, *Il santuario di Portonaccio a Veio. Gli scavi di Massimo Pallottino nella zona dell'altare (1939-1940)*, in "Accademia Nazionale dei Lincei: monumenti antichi", serie miscellanea, VI, 3, Roma 2002, pp. 129-159.

Copertura dell'area archeologica di Poggio Moscini



Localizzazione

Poggio Moscini, lago di Bolsena, Viterbo

Datazione del manufatto archeologico

Il sec. a.C. – III sec. d.C.

Data dell'intervento

1970 ca.

Dati dimensionale

100 mq c.a.

Autore dell'intervento

-

Committente

Soprintendenza per l'Etruria Meridionale

Abstract

La struttura di copertura è stata realizzata attorno al 1970 per la protezione di resti di alcune abitazioni private e di ambienti adibiti a magazzini costruiti in tufo dell'antica città di *Volsinii*, nell'area archeologica in località Poggio Moscini, Viterbo.

L'intervento ha scopo protettivo ed è realizzato con semplici strutture a tettoia i cui esili elementi portanti sono profilati scatolari (travi e pilastri metallici) sovrastati da lastre ondulate in materiale plastico traslucido.

Il contesto di intervento

Il territorio dello stato etrusco di *Volsinii* si estendeva a sud-est e a nord-est del lago di Bolsena. La città, di origine più tarda rispetto agli

altri centri etruschi, assunse importanza nel IV sec. a.C. col decadere dello stato di Tarquinia. Nel 264 venne distrutta dai Romani che ne dedussero la colonia di *Volsinii Novi*. Di questa fase di vita della città sono stati riportati alla luce la zona del foro, le terme, il teatro e l'anfiteatro. Gli scavi hanno interessato la zona di Poggio Moscini e hanno permesso di studiare la storia della fase romana dell'abitato etrusco, costituito da edifici in muri di pietra a secco. La zona presa in considerazione è situata su un terrazzo orientato verso il lago a sud-sud ovest del foro imperiale dove sono stati riconosciuti magazzini e abitazioni private. Tra le abitazioni esplorate in questa zona sono stati rinvenuti elementi appartenenti ad un'abitazione costruita in tufo di cui si riconosce la forma di un *atrium* con i resti della vasca e uno spazio identificato come *tablinum*. Questi primi elementi costruttivi risalgono all'inizio del II sec. a.C., ma gli affreschi di alcune stanze permettono di datare la casa fino al III sec. d.C. Al 1962 risalgono le prime campagne di scavo sotto la direzione degli arche-

Vista frontale di uno dei vani del sito archeologico protetti dalla leggera struttura a tettoia inclinata e staccata dalle murature storiche



ologi dell'*École Française de Rome* e con l'autorizzazione concessa dalla Soprintendenza dell'Etruria Meridionale. Gli scavi interessarono la zona di Poggio Moscini e proseguirono in maniera costante fino al 1969 e grazie anche all'esplorazioni condotte negli stessi anni dal Colonna, gli scavi portarono alla luce il Foro e la sua Basilica.

Valutazione dei requisiti prestazionali

L'esigenza primaria che il sito presentava dopo lo scavo, e che la struttura doveva assicurare, era quello di protezione dei resti archeologici di alcune abitazioni private e di ambienti adibiti magazzini. La necessità di predisporre rapidamente un riparo era dovuta anche alla presenza di dipinti murali, affreschi e altri apparati decorativi ritrovati in lacerti su al-



Vista dal basso del manto di copertura in lastre ondulate e traslucide; è visibile l'esile struttura metallica, l'interasse degli appoggi e lo stato di degrado del manto in materiale plastico

cune strutture murarie. La copertura nasce come struttura provvisoria, realizzata con scatolari verticali ed elementi orizzontali metallici che reggono un manto di lastre ondulate in materiale plastico traslucido. Questa tecnologia costruttiva è la medesima per tutte le tettoie che si ripetono uguali in vari punti del sito. Le coperture sono dotate di canali di gronda e pluviali che direzionano l'acqua piovana direttamente negli scatolari metallici che costituiscono la struttura verticale a pilastri. Questo tipo di struttura richiede strutture di fondazione, che in questo caso sono dirette (piccoli plinti in c.a.).

Come spesso accade nelle aree archeologiche, strutture di protezione nate con caratteristiche di provvisorietà per fornire un riparo in tempi rapidi alle strutture riportate alla luce, le coperture sono rimaste le me-

Vista dal basso della copertura a protezione di strutture murarie su cui sono presenti lacerti di pitture; il manto in materiale plastico ondulato e traslucido crea l'effetto di diffusione luminosa



desime dagli anni '70, come evidenti morfologie di degrado manifestano, soprattutto sopra il manto plastico della chiusura orizzontale.

Il progetto di intervento

Le coperture a tettoia che si ripetono uguali in vari punti del sito. La struttura è riconducibile ad un sistema a travi e pilastri realizzata con scatolari verticali ed elementi orizzontali metallici che reggono un manto di lastre ondulate in materiale plastico traslucido. Le coperture sono dotate di canali di gronda e pluviali che direzionano l'acqua piovana direttamente negli scatolari metallici che costituiscono la struttura verticale a pilastri, poi a terra. Le fondazioni sono dirette, e sono costituite da piccoli plinti in c.a.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Nasce come intervento provvisorio, ma di fatto è permanente
Volumetria di progetto	Aggregazione di più corpi a volumetria seriale

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Travi e pilastri in profilati scatolari metallici
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Manto in lastre ondulate di materiale plastico traslucido

Sintesi critica e conclusioni

Il progetto di copertura nasce come struttura provvisoria a protezione dei resti archeologici di alcune abitazioni private e di ambienti adibiti magazzini; di fatto la struttura, costruita attorno al 1970, è ancora in situ, con tutti le evidenti morfologie di degrado visibili sulla struttura stessa. È ipotizzabile che i materiali, privi di trattamenti idonei e senza la necessaria manutenzione, abbiano provocato danni anche alle strutture antiche da proteggere. Ad esempio si può ipotizzare, non avendo a disposizione documentazione tecnica relativa al materiale plastico traslucido, che essendo un materiale datato agli anni '50, sia privo di protezione dagli agenti aggressivi e dai raggi ultravioletti.

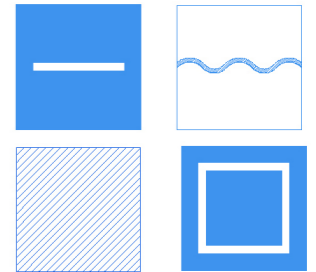
La struttura a tettoia è semplice, caratterizzata da leggerezza, rapidità di montaggio e serialità dei componenti. Non si tratta quindi di un intervento con velleità ricostruttive o propositive di volumetrie, poiché

i materiali contemporanei si appiattiscono a chiudere i vani definiti dai resti delle strutture murarie. L'impatto sulle strutture archeologiche è piuttosto alto così come l'impatto visivo-percettivo, che non valorizza l'articolazione degli ambienti scavati. La traslucenza del manto di copertura, che, in origine probabilmente creava in interessante effetto di luce diffusa sui resti archeologici, ha subito un forte degrado in termini di patina biologica, proliferazione di microrganismi, presenza di vegetazione.

Riferimenti bibliografici

Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi, a cura di N. Santopuoli e S. Santoro, supplemento ad *Arkos* n.1/2000, UTET, Torino 2000.

Copertura del santuario ellenistico di Monterinaldo



Localizzazione	Monterinaldo, Ascoli Piceno
Datazione del manufatto archeologico	Santuario italico, di età tardo-repubblicana, II-I sec. a.C.
Data dell'intervento	1970 ca. - Recentemente la Soprintendenza Archeologica delle Marche, provincia di Ancona, ha commissionato alcune opere di manutenzione straordinaria e di revisione totale su tale copertura al fine di mantenerne l'efficienza statica e funzionale. 650 mq ca.
Dati dimensionale	
Autore dell'intervento	arch. G. Ioppolo - Attualmente la struttura è soggetta ad opere di manutenzione a cura della Soprintendenza Archeologica delle Marche: dott. Maurizio Landolfi, geom. Carla Mercuri
Committente	Soprintendenza Archeologica della Regione Marche

Abstract

Nel 1957 un rinvenimento casuale di un tratto di pavimento a mosaico di età romana determinò l'intervento della Soprintendenza Archeologica delle Marche che eseguì alcuni sondaggi di scavo in questa zona. A seguito di altri sondaggi venne individuato un muro a blocchi di arenaria in opera quadrata ed avanzi di un pavimento in *opus spicatum*. Tra il 1958 e il 1962 gli scavi portarono all'individuazione e alla parziale messa in luce del santuario e di strutture di età imperiale avanzata. Gli scavi protrattisi per altri tre anni successivi misero in luce anche i resti di una stoà, le fondazioni del tempio, un pozzo, tratti di canalizzazione e una struttura di incerta destinazione.

Immediatamente dopo la conclusione delle fasi di scavo, nel 1962, venne realizzata la struttura di copertura, a carattere permanente, a protezione della struttura porticata, con muro di fondo in blocchi in arenaria, del santuario.

Pilastrini e travi di collegamento sono realizzati con profilati tubolari metallici di sezione quadrata collegati orizzontalmente da reticolari metalliche ad arco con un manto di copertura in lastre ondulate di materiale plastico traslucido.

Il contesto di intervento

L'area archeologica del santuario di Monterinaldo si colloca al centro di un comprensorio agricolo. Esso si presenta in posizione isolata nell'ambito del territorio, realizzato in una terrazza ricavata artificialmente e si presenta costituito da un porticato, un tempio e da un edificio rettangolare di incerta destinazione. Venuto alla luce negli anni '60, il santuario in stile ellenistico fu costruito dai Romani in età tardo repubblicana (II-I sec. a.C.).



Vista del contesto paesaggistico del santuario di Monterinaldo

Il complesso è costituito da un lungo porticato, da un tempio e da un edificio rettangolare. Il loggiato è formato da un muro in blocchi di arenaria e da due file di colonne parallele, anch'esse di pietra arenaria, di ordine ionico quelle centrali, più alte, e dorico, quelle esterne, più basse.

A sud, i resti di un tempio a tre celle, con colonne d'ordine tuscanico sulla facciata.

Il porticato, a duplice fila di colonne, orientato est-ovest, è lungo 63,50 m e largo 10,10 m e formato da un muro di fondo in blocchi di arenaria, munito di contrafforti esterni a cadenze regolari, e ancora formato da due colonnati paralleli di ordine ionico italico, internamente, e di ordine dorico, esternamente. L'estremità occidentale del porticato sembra aver subito modifiche allo scopo di ricavare un ambiente chiuso su tre lati e aperto a est.

Gli studiosi concordano sull'importanza della struttura, anche in relazione alle dimensioni ragguardevoli, e sulle cause dell'abbandono, legato alla franosità del luogo. Il luogo costituiva sicuramente un punto di riferimento per le popolazioni locali sparse sul territorio.

Il cantiere archeologico, attivato nel 1958, condusse i suoi lavori per un quinquennio, sotto la direzione del Soprintendente Giovanni Annibaldi prima e della dott.ssa Laura Fabbrini. Il successivo biennio 1960-62 fu dedicato alla ricostruzione parziale del colonnato e del muro del portico, nonché alla sua protezione mediante una copertura stabile, progettata dal prof. G. Joppolo.

Valutazione dei requisiti prestazionali

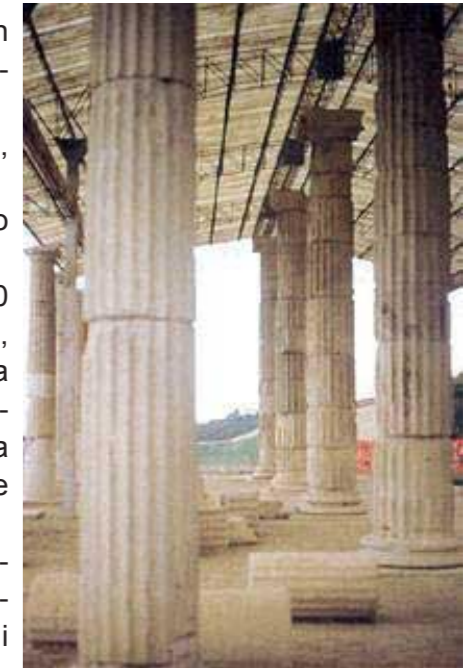
L'area archeologica recintata, collocata a circa 350 m.s.l.m., ha una superficie di oltre un ettaro ed è di proprietà demaniale.

Al momento della scoperta dei resti del santuario, dopo averne interrate alcune parti per ragioni conservative, emerse l'esigenza di protezione del porticato con la doppia fila di colonne ioniche e doriche. Il complesso si presentava infatti privo della struttura orizzontale di copertura.

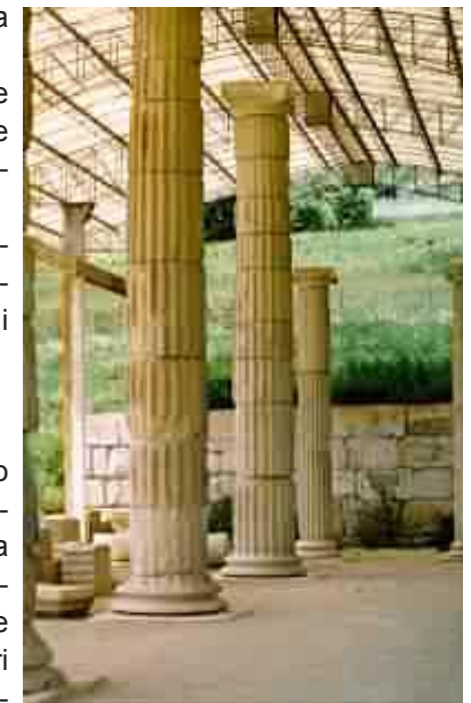
Le caratteristiche del contesto richiedevano leggerezza e bassa invasività sulle strutture archeologiche, la massima reversibilità dell'intervento, rapidità di assemblamento dei componenti della struttura al fine di limitare il periodo di esposizione dei manufatti antichi alle intemperie.

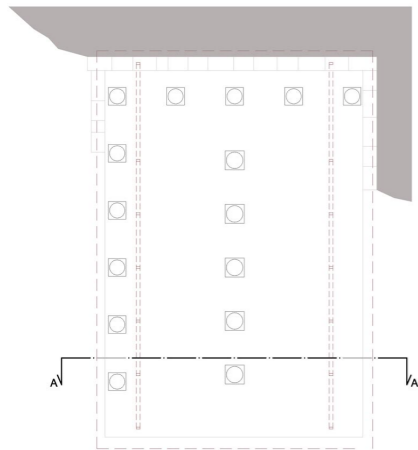
Il progetto di intervento

La copertura è composta da struttura verticale in pilastrini di acciaio (complessivamente dodici, sei per lato) e relative travi scatolari di collegamento orizzontali di sezione quadrata; complessivamente, si tratta di una struttura portante piuttosto snella (la mancanza di documentazione grafica e di un rilievo non consentono di disporre di misure precise). La struttura portante orizzontale è costituita da travi reticolari triangolari arcuate in acciaio trasversali che reggono la struttura secon-



Vista, da sotto il colonnato, della struttura di reticolari e del manto di copertura in materiale plastico traslucido





darla in sottili profili metallici longitudinali sui quali sono montate lastre in materiale plastico traslucido ondulate. Non sono presenti chiusure verticali, quindi la struttura è completamente aperta lateralmente.

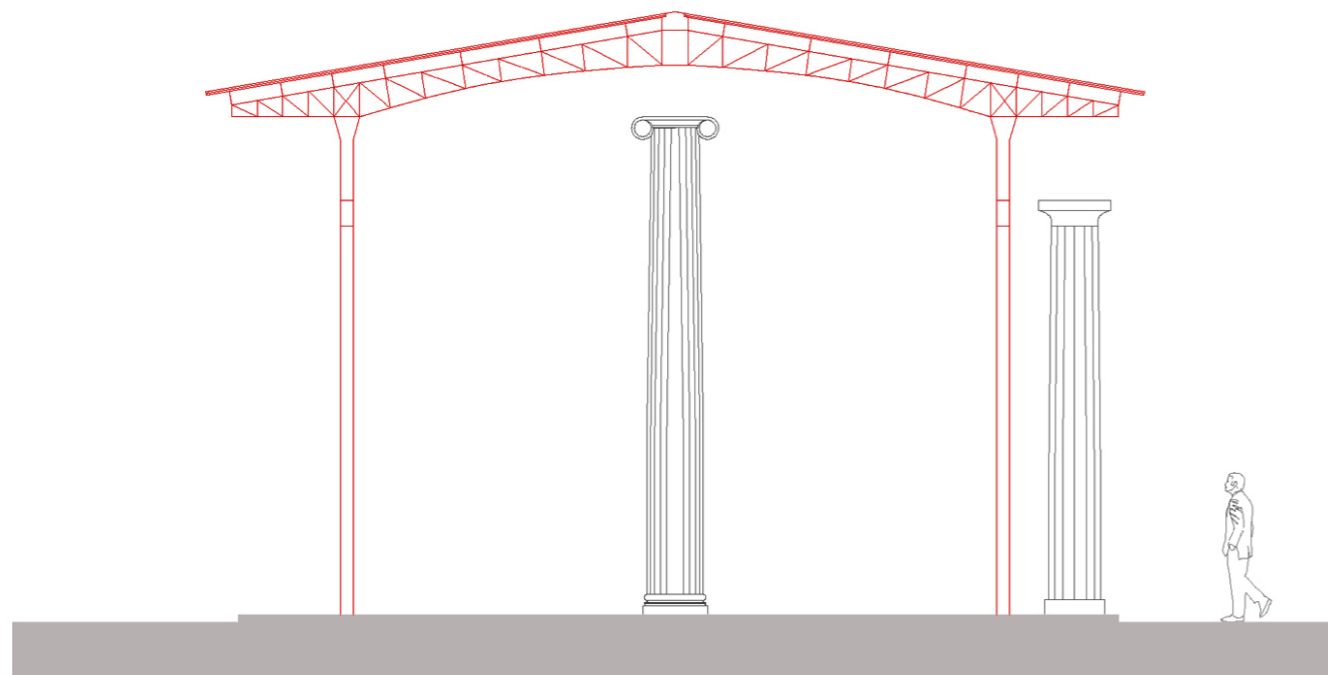
Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia Permanente
Volumetria di progetto Corpo singolo di volumetria regolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione Diretta superficiale
Struttura di elevazione verticale e orizzontale 12 pilastri in acciaio a sezione quadrata e travi scatolari di connessione fra i montanti; travi reticolari triangolari arcuate, in acciaio, reggono la struttura metallica secondaria
Chiusura verticale Assente
Chiusura superiore Al di sopra delle travi reticolari triangolari arcuate, la struttura metallica secondaria longitudinale regge il manto di copertura in lastre ondulate di materiale plastico traslucido

In alto, schema della pianta del santuario, con l'indicazione del terrapieno di fondo cui la struttura è appoggiata e, in basso, schema della sezione trasversale della struttura di copertura



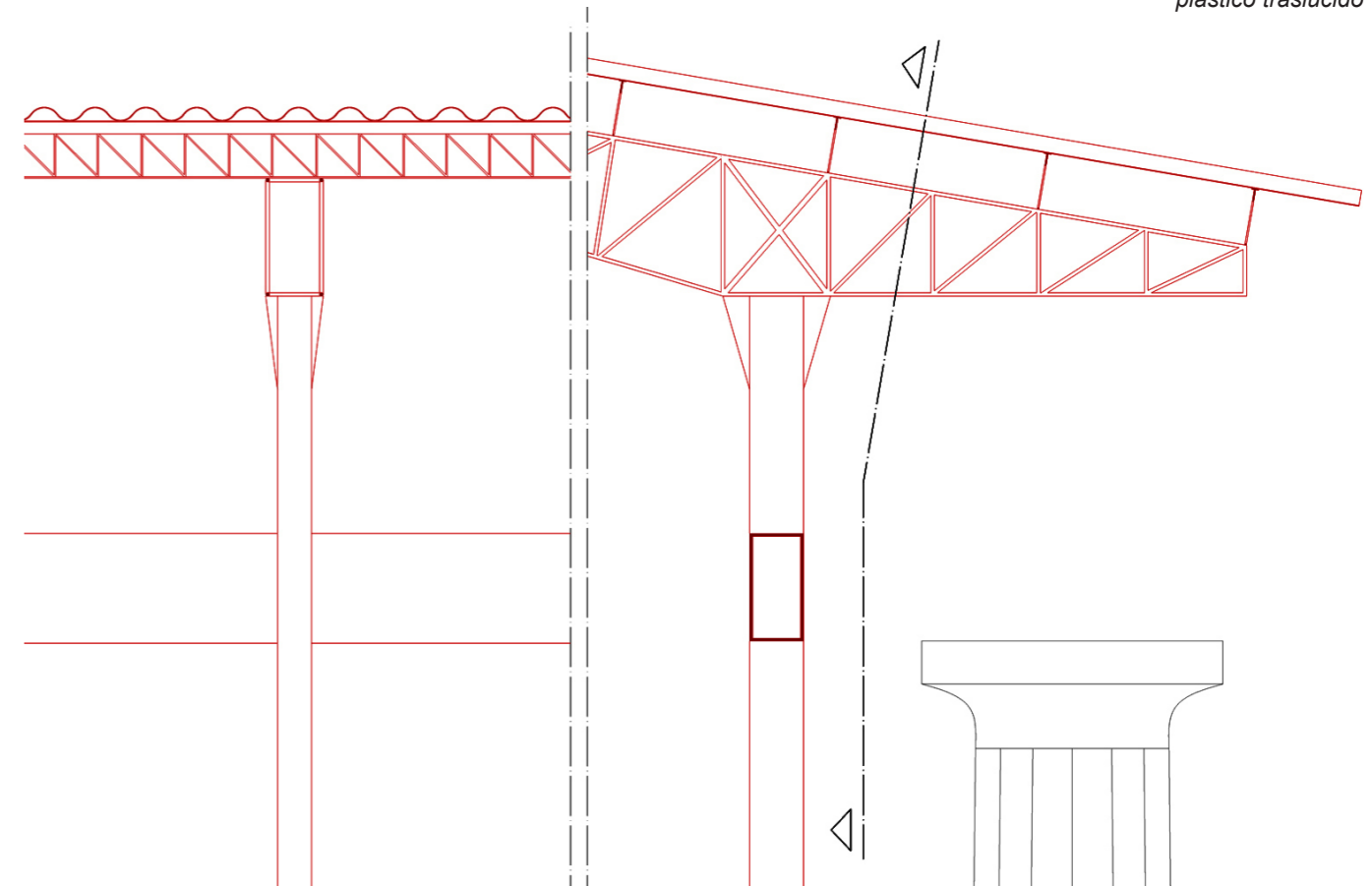
Sintesi critica e conclusioni

La struttura di copertura permanente è finalizzata alla protezione del monumento e alla sua musealizzazione in situ; il monumento è infatti aperto al pubblico, pur essendo collocato su un percorso turistico minore.

La morfologia della copertura non presenta finalità ricostruttive pur suggerendo la volumetria ma con una soluzione contemporanea distinguendosi nettamente, per tecnologie e materiali utilizzati, dai resti coperti; copre il manufatto archeologico senza interferire con esso, puntando sulla leggerezza. L'impatto ambientale è di fatto piuttosto forte e la struttura molto evidente date le notevoli dimensioni.

La struttura è dotata di alta flessibilità e totale reversibilità, una parziale protezione dagli agenti atmosferici; le prestazioni in fase di montaggio (ed eventuale smontaggio) non garantiscono particolare rapidità ma prevedono la messa in opera di un cantiere e operazioni alquanto complesse, soprattutto dovute alla presenza di fondazioni. La struttura inoltre non consente una manutenzione agevole.

Dettaglio della struttura di copertura, in cui sono visibili il pilastro scatolare in acciaio, il traverso orizzontale di collegamento, la trave reticolare, la struttura metallica secondaria e il manto di copertura in pannelli ondulati di materiale plastico traslucido



La struttura presentava chiari segni di degrado e depositi soprattutto nelle lastre di copertura; essendo l'intervento databile all'incirca al 1970, si ipotizza che le lastre in materiale plastico non presentassero alcun tipo di protezione dalle aggressioni esterne e dall'irraggiamento solare. Si è infatti reso necessario un intervento recente, da parte della Soprintendenza di Ancona, che ha visto l'esecuzione di opere di manutenzione per continuare ad assicurare alla copertura stessa funzionalità e validità estetica.

Riferimenti bibliografici

S. Marchegiani, *Il santuario di Monterinaldo*, in "Archeologia viva" n. 58, luglio/agosto 1996, pag. 86.

E. Catani, *Il santuario ellenistico-romano presso Monterinaldo: un'emergenza archeologica e monumentale dell'ascolano*, in "Il Piceno in età romana, dalla sottomissione a Roma alla fine del mondo antico", Atti del III Seminario di Studi, Cupra Marittima, 24-30 ottobre 1991, Edigrafital, Teramo 1992, pp. 47-58.

G. Annibaldi, *Il santuario romani di Monterinaldo*, in "Restauri d'Arte in Italia", Roma 1965, pp. 98-99.

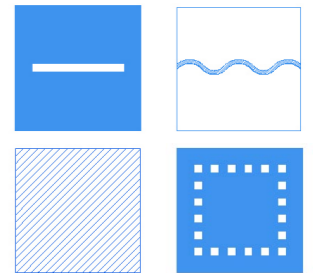
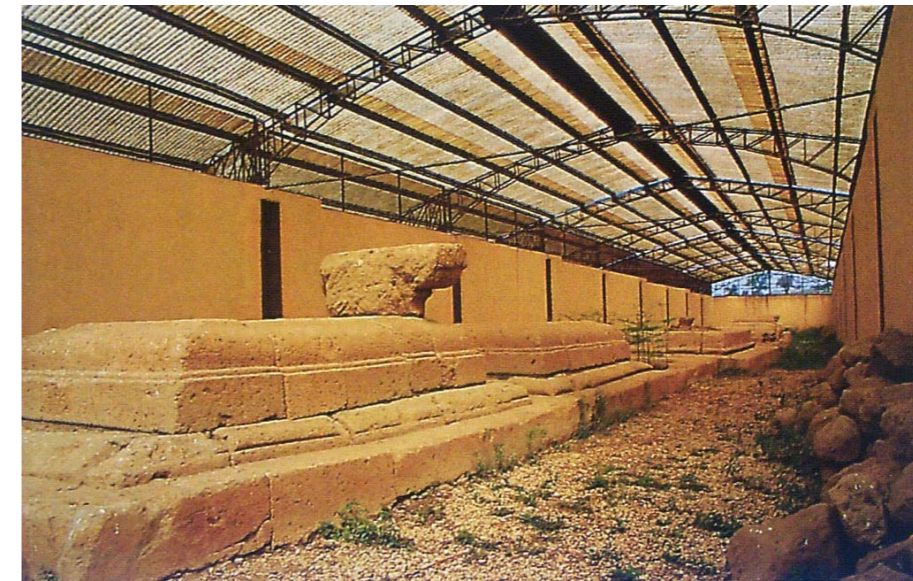
G. Annibaldi, in "Fasti Archeologici", vol. XII (1957), n. 5323; vol. XIII (1958), n. 2345; vol. XV (1960), n. 2550; vol. XVI (1961), n. 2794; Idem, *Attività delle Soprintendenze: Marche. Monterinaldo (Ascoli Piceno), Santuario romano*, in "Bollettino d'Arte", fasc. 3-4 (1966), pp. 210-211.

Approfondimenti nel web (al gennaio 2009)

<http://www.archeomarche.it>

Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche, provincia di Ancona.

Copertura del santuario delle Tredici Are, Pratica di Mare



Localizzazione	Pratica di Mare, Pomezia, Roma
Datazione del manufatto archeologico	VI-IV sec. a.C.
Data dell'intervento	I primi ritrovamenti risalgono al gennaio del 1971, l'intervento è della metà degli anni Settanta
Dati dimensionale	130 mq ca.
Autore dell'intervento	Soprintendenza Archeologica di Roma
Committente	Regione Lazio

Abstract

La copertura del santuario delle Tredici Are di Pomezia, Roma, nasce come struttura a carattere provvisorio edificata nella metà degli anni Settanta, dopo il ritrovamento dei resti archeologici avvenuto nel 1971. La struttura di copertura, in pilastri di acciaio e travi reticolari curve che reggono un manto di pannelli in materiale plastico traslucidi, è caratterizzata da leggerezza e reversibilità, mentre attorno all'area di intervento è stato costruito un muro in laterizio a perimetrazione dei resti archeologici.

Il contesto di intervento

Nella zona extraurbana a sud della città si è rinvenuto un grande santuario: l'elemento principale emerso nella esplorazione, non ancora

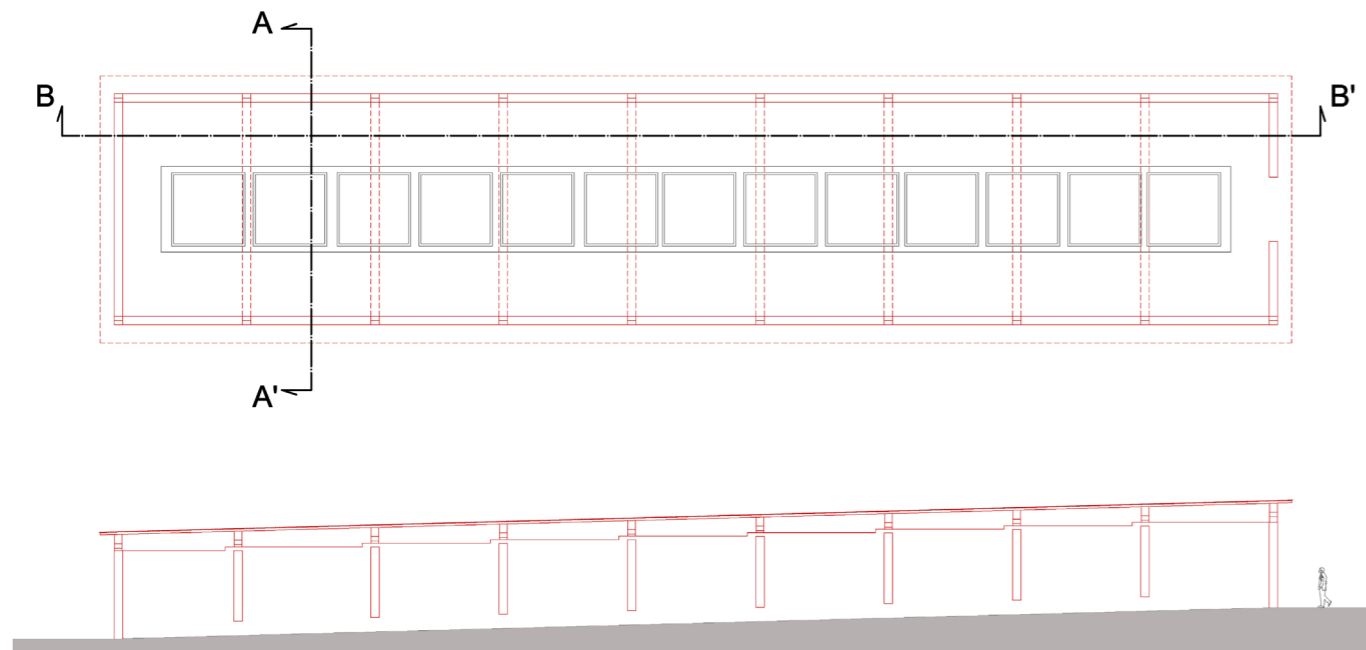
integralmente compiuta, è costituito dal complesso monumentale di tredici aree allineate lungo un asse orientato nord-sud. La tipologia delle are è molto interessante: a pianta rettangolare con ante laterali, strutturate con modanature, esse costituiscono un documento unico nella architettura laziale arcaica. È accertata la datazione alla metà del secolo VI delle are più antiche, altre si sono succedute nel tempo, fino al II secolo a.C. Ai secoli V- III risale il residuo materiale trovato intorno e sopra le are, consistente nella maggior parte di votivi fittili.

Quanto alla identificazione del santuario, non sono ancora emersi elementi decisivi. È comunque assai probabile che si tratti del santuario federale della lega latina, che - insieme a quello di Giove Laziale sulla vetta del Monte Albano e quello di Diana Aricina sul lago di Nemi - era uno dei centri religiosi intorno a cui si manteneva viva l'unità delle città latine. Tra gli altri elementi del santuario sinora scavati vi sono un edificio arcaico presso le are, e alcune fornaci che testimoniano l'intensa attività artigianale connessa con la vita del santuario.

Valutazione dei requisiti prestazionali

Il sito presentava una duplice necessità: quella di proteggere i resti archeologici appena scavati dalle intemperie e dagli agenti atmosferici, e quella di rendere il sito visitabile e fruibile. Inoltre, occorreva protezione da eventuali intrusioni garantendo al contempo condizioni di illuminazione tali da poter apprezzare le rovine e una ventilazione interna idonea al mantenimento di un microclima non dannoso e a una temperatura adeguata per la conservazione e per i visitatori.

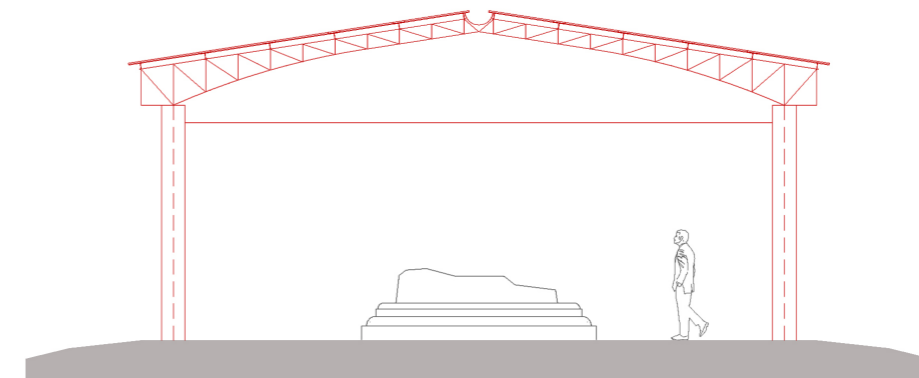
Schema della pianta del Santuario delle Tredici Are e sezione longitudinale B-B' della struttura a "scatola" che racchiude i resti, con murature perimetrali in laterizio e copertura leggera metallica con manto di materiale plastico traslucido



Il progetto di intervento

Il progetto presenta carattere di provvisorietà per quanto riguarda la leggera struttura metallica di protezione; più invasiva è invece la muratura perimetrale in laterizio che circonda il sito.

La struttura di copertura è esile e metallica, costituita da pilastri in acciaio che reggono travi reticolari curve. Il manto è in pannelli ondulati di materiale plastico traslucido.



Sezione trasversale A-A' della struttura di copertura sui resti delle tredici are

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Provvisoria
Volumetria di progetto	Corpo singolo di volumetria regolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta superficiale, continua.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastrini in acciaio reggono travi reticolari metalliche arcuate.
Chiusura verticale	Il sito è chiuso per tutto il perimetro da muratura in laterizio che ingloba i pilastrini in acciaio; i pilastrini reggono travi reticolari metalliche arcuate
Chiusura superiore	Struttura a volta ribassata in pannelli ondulati di materiale plastico traslucido

Sintesi critica e conclusioni

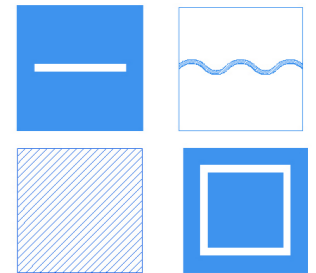
Le funzioni di protezione e fruizione del sito sono garantite dalla struttura, che però non si presenta come progetto idoneo per la valorizzazione, isolando completamente lo scavo dal contesto naturale, proponendosi come soluzione contemporanea che da un lato garantisce chiaramente la distinguibilità del progetto, ma dall'altro nasconde il manufatto archeologico estraniandolo da un contesto molto ricco di percorsi di visita.

Il progetto non ha velleità ricostruttive né per quanto riguarda l'aspetto né per la volumetria, che dovevano risultare molto diversi dall'attuale, soprattutto per i giochi di luce sulle superfici colorate. La copertura di protezione isola il monumento dall'ambiente e la luce diffusa priva le sagome profonde del contrasto luce-ombra per cui erano state create. Il manto in pannelli plastici, di cui non è nota la natura, appare degradato.

Riferimenti bibliografici

S. Moscati, *L'Italia delle regioni. Il Lazio*, in "Archeo" n.1/1997 - Anno XIII, n.1 (143), gennaio 1997, pp. 28-43. Foto: G. Nimatallah/archivio IGDA, pag. 30.

Coperture dell'abitato etrusco di San Giovenale



Localizzazione	San Giovenale, Blera, Viterbo (Acropoli e abitato sul pendio nord)
Datazione del manufatto archeologico	VII - VI sec. a.C.
Data dell'intervento	1980 c.a.
Dati dimensionale	350 mq c.a.
Autore dell'intervento	arch. Luciana Di Salvio, Soprintendenza per l'Etruria Meridionale
Committente	Soprintendenza per l'Etruria Meridionale

Abstract

L'intervento di copertura, risalente circa al 1980, ha lo scopo di proteggere i resti dell'antico abitato etrusco di San Giovenale, scavati a partire dal 1956. Le coperture poste nel sito archeologico sono due, una a protezione dei resti edificati sull'acropoli, l'altra a protezione dell'abitato rinvenuto sul pendio nord. La struttura è la medesima per entrambe le coperture, ed è costituita da pilastri in acciaio e travi reticolati metalliche arcuate; entrambe presentano controventamenti in una campata. Il manto è in lastre ondulate in materiale plastico opaco nella fascia centrale della copertura e nelle due fasce laterali di bordo, mentre pre-

senta due fasce di pannelli in materiale plastico traslucido; si tratta quindi di una copertura parzialmente trasparente, in cui la traslucenza è stata riservata ad una parte del manto, probabilmente per favorire il fenomeno della diffusione luminosa sui resti antichi. La copertura è comunque aperta su tutti e quattro i lati.

Il contesto di intervento

San Giovenale, grande villaggio o piccola città etrusca, è un esempio caratteristico di abitato con "acropoli" situato alla confluenza di due o tre fiumi, che raggiunse la sua massima fioritura nel VI secolo a.C. San Giovenale sembra non aver avuto nessun grande complesso templare o pubblico; le case infatti sono di dimensioni medie senza portici o abbellimenti decorativi. Le zone indagate a San Giovenale sono due: l'abitato sul pendio nord del Borgo, dove i muri sono talvolta conservati fino ai 3 m, e la superficie dell'Acropoli, piana e facilmente edificabile, che dovrebbe aver costituito la zona abitativa più interessante. Sull'acropoli sono state trovate case databili al 600 a.C. con fondazioni in pietra squadrata abbastanza alte, come esige la pendenza del terreno. L'abitato sul

pendio nord del Borgo è meglio conservato e data la posizione e le dimensioni minori delle abitazioni si è pensato appartenessero ad un nucleo di popolazione meno privilegiato. Intorno al 400 a.C. il borgo di San Giovenale si ridusse alla parte più alta e più facilmente difendibile, nel centro dell'acropoli, dove ora domina il castello duecentesco.

Gli scavi a San Giovenale sono stati eseguiti dal 1956 al 1965 dall'Istituto Svedese di Studi Classici a Roma in collaborazione con la Soprintendenza dell'Etruria Meridionale e sotto la direzione del prof. Renato Bartoccini prima, e poi dal successore dott. Mario Moretti e con la partecipazione di S. M. Gustavo Adolfo di Svezia. Dal 1975 non si scava più e solo negli

ultimi anni (2000 – 2001) l'area ha suscitato l'interesse della Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale, che ha deciso di sostituire la struttura di copertura.

Valutazione dei requisiti prestazionali

Le esigenze che il sito ha posto al momento della scoperta e dello scavo erano principalmente di natura protettiva e conservativa, accompagnate all'esigenza di rendere il sito visitabile, valorizzandolo e assicurando la visibilità dei resti, sia per quanto riguarda la zona dell'acropoli, che per quanto riguarda i resti dell'abitato sul pendio nord. Inoltre, la struttura doveva possedere fondazioni superficiali, in modo da non compromettere il terreno in profondità in prossimità dei resti rinvenuti, doveva essere una struttura aperta, garantendo inoltre la circolazione dell'aria ma al contempo proteggendo dagli agenti atmosferici e garantire visibilità e buona illuminazione naturale ai resti, proteggendoli dall'irraggiamento dannoso.

A livello prestazionale, la copertura ha protetto i resti senza innescare degni aggiuntivi ma rallentando i meccanismi naturali che avrebbero interessato i resti antichi in modo più incisivo se fossero rimasti privi di copertura. Il degrado maggiore riguarda il manto di copertura in lastre di materiale plastico, visibile soprattutto per quanto riguarda le due fasce di lastre traslucide, che si presentano macchiate, con deposito, e piuttosto ingiallite e opacizzate. In alcuni punti, nelle zone traslucide del manto, sono visibili lesioni e addirittura la mancanza di una parte di pannello, che ha creato un'apertura nel manto.

Il progetto di intervento

Entrambe le strutture di copertura sono state poste in opera come protezione permanente dei resti archeologici scavati, edificate con materiali removibili ma programmati per una durata teorica illimitata. Entrambe sono a spazio singolo (rettangolare) e di volumetria regolare. La struttura verticale è costituita da pilastri in acciaio, tubolari per quanto riguarda la copertura dell'abitato sul pendio nord e scatolari nella struttura di copertura dell'acropoli, e la struttura orizzontale è in travi reticolari in acciaio curvilinee. I pilastri in acciaio hanno la struttura di fondazione superficiale in plinti in c.a. Non sono presenti chiusure verticali né partizioni interne. La chiusura superiore è costituita da un manto in pannelli plastici ondulati, opachi e traslucidi; questi ultimi formano due fasce laterali. La struttura è dotata di canali di gronda e pluviali.



Due viste della struttura di copertura dall'interno; il manto della chiusura superiore, su esile struttura metallica, è composto da lastre in materiale plastico opache e traslucide limitatamente alle due fasce laterali del manto, probabilmente per aumentare l'effetto di diffusione luminosa sui reperti archeologici protetti



Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia Permanente
Volumetria di progetto Corpo singolo di volumetria regolare su pianta semplice rettangolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione Diretta, plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale Pilastrini in acciaio (tubolari e scatolari), travi reticolari in acciaio ad arco
Chiusura verticale Assente
Chiusura superiore Manto in lastre ondulate di materiale plastico opache e traslucide

Sintesi critica e conclusioni

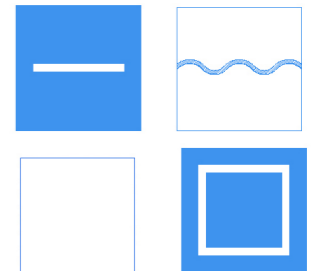
Entrambe le strutture, progettate per la pubblica fruibilità del sito e come protezione permanente, per quanto riguarda le prestazioni in fasi di montaggio, presentano caratteristiche di rapidità e facilità di montaggio della tecnologia adottata, leggerezza e adattabilità al sito. Le strutture sono dotate di flessibilità e sono totalmente reversibili; garantiscono una media protezione agli agenti atmosferici e non assicurano controllo microclimatico, pur essendo completamente aperta e quindi assicurando la ventilazione e avendo un manto opaco e traslucido che blocca l'eccessivo irraggiamento. L'invasività, a livello di impatto archeologico, è bassa, essendo le fondazioni esterne ed essendo la struttura leggera e removibile, ma l'impatto visivo e percettivo di entrambe le strutture, che non nascono con finalità ricostruttive o come riproposizione di volumetrie, è piuttosto alto. La struttura a protezione dell'abitato è di dimensioni maggiori e presenta un più elevato grado di invasività anche per la scelta di colorare in rosso i pilastrini.

La manutenzione, per entrambe le soluzioni, non è agevole, come dimostrano le condizioni del manto di copertura. La proprietà della traslucenza è stata progettata con un senso critico di parziale illuminazione affidata al materiale plastico, probabilmente il materiale plastico non era idoneo ed ha subito ingiallimento, o non ha avuto una corretta manutenzione.

Riferimenti bibliografici

San Giovenale: materiali e problemi, Atti del Simposio, Istituto Svedese di Studi Classici a Roma, 6 aprile 1983, pubblicato dall'Istituto, Roma 1984,

Copertura dell'area del Foro e di un'abitazione adiacente all'anfiteatro a Roselle



Localizzazione Area archeologica di Roselle, Grosseto
Datazione del manufatto archeologico I sec. a.C. - I sec. d.C.
Data dell'intervento 1990 c.a.
Dati dimensionale 350 mq c.a.
Autore dell'intervento - Committente Soprintendenza ai Beni Archeologici della Toscana

Abstract

L'intervento riguarda la protezione dei resti di un'abitazione adiacente alla zona dell'anfiteatro sulla collina nord e dei resti rinvenuti nell'area del Foro, nell'area archeologica di Roselle.

Sia la copertura della zona del Foro che quella dei resti dell'abitazione sono caratterizzate da estrema semplicità e leggerezza. Entrambe sono semplici tettoie, realizzate con struttura portante costituita da esili pilastrini e travi in acciaio, della medesima sezione e verniciati di bianco. A minimizzare ulteriormente la consistenza della struttura è il manto in lastre ondulate in materiale plastico completamente trasparenti, aganciati alle sottili travi.

La zona della copertura dell'area del foro è dotata anche di una passerella che traccia il percorso di visita, limitrofo ai resti protetti dalla copertura stessa.

Il dato rilevante è la qualità della trasparenza delle lastre del manto di copertura, di cui non sono note le caratteristiche, ma che dovrebbero risalire al periodo immediatamente successivo al termine degli scavi, all'incirca nel 1990, dopo il quale sono noti solo interventi di manutenzione dell'area e delle strutture.

Il contesto di intervento

L'area del foro della città di Roselle risale al periodo romano della città durante il quale il piano di calpestio venne realizzato tramite una colmata artificiale per rialzare il livello d'uso attenuando i pendii delle due colline. La piazza forense sorgeva sui resti di edifici preesistenti. In età augustea il foro assunse un aspetto più monumentale: nell'area nord-occidentale trovò posto un edificio rettangolare con abside aperta sul lato corto; un altro edificio a due vani rettangolari si affianca al primo. La collina nord della città di Roselle è dominata dall'anfiteatro di forma ellittica, la cui struttura fu impostata su edifici preesistenti, con la conseguente distruzione di essi. Alla destra dell'ingresso meridionale sono stati messi in luce resti di una casa etrusca che documenta l'occupazione urbanistica dell'area fin dalle origini della città. L'epoca posteriore, l'età ellenistica, è testimoniata invece da un'abitazione le cui strutture furono coperte dall'anfiteatro stesso. La planimetria della casa è quella caratteristica delle domus romane: con l'atrio in posizione centrale ai cui lati si impiantarono le *alae* e in fondo c'era il *tablinum*. La struttura era in muri a secco con scaglie di pietra irregolare coperti

Vista della copertura dell'area del foro; oltre alla "tettoia" con manto di copertura in lastre ondulate di materiale plastico completamente trasparenti per ridurre l'impatto percettivo della struttura, è visibile la passerella che guida il percorso di vista esternamente ai resti protetti



da uno spesso intonaco, pavimenti in calce e cocciopesto.

Al 1959 risalgono le prime campagne di scavo dell'area archeologica di Roselle condotte da Giacomo Caputo e con l'appoggio di una Commissione dell'Istituto di Studi Etruschi ed Italici. Le esplorazioni proseguirono fino agli Settanta e interessarono soprattutto la zona della collina nord, ma più tardi l'esplorazione venne spostata nel fondo valle dove venne messo in luce, negli stessi anni, l'area che doveva essere occupata dal Foro. Le campagne di scavo vennero programmate costantemente fino a riportare in luce l'intero impianto urbanistico di Roselle ed oggi la città è interessata solo da opere di manutenzione restauro delle preesistenze rinvenute.

Dettaglio del manto di copertura della tettoia a protezione della casa adiacente l'anfiteatro



Valutazione dei requisiti prestazionali

L'esigenza fondamentale, a seguito degli scavi e dei ritrovamenti, era quella di assicurare protezione alle singole zone del sito dagli agenti atmosferici.

Il contesto paesaggistico richiedeva strutture modeste, semplici, leggere e in grado di minimizzare l'impatto ambientale e di dichiarare la

Tettoia di copertura della casa adiacente all'anfiteatro. Oltre alla struttura metallica, al manto di copertura in pannelli trasparenti e al sistema per il deflusso delle acque meteoriche con canali di gronda e pluviali, è visibile la griglia posata a terra a ulteriore protezione dei resti scavati

contemporaneità, senza porsi in relazione col sito ed evitando qualsiasi velleità di riproposizione delle antiche volumetrie.

Il contesto inoltre, di non facile accessibilità da parte di mezzi di trasporto, richiedeva la messa in opera di strutture il più leggere e semplici possibile, rapide da montare e caratterizzate da reversibilità e adattabilità, nonché di flessibilità nel caso di ampliamenti delle zone da proteggere mediante coperture.

Il manto in lastre ondulate in materiale plastico trasparente contribuiscono alla leggerezza della struttura di copertura, sia in termini strutturali che di impatto visivo e percettivo.



Il progetto di intervento

Le coperture a tettoia sono complessivamente quattro, due a protezione dei resti dell'abitazione rinvenuta sulla collina nord e due a protezione dell'area del Foro. Le coperture inclinate si presentano sfalsate e di altezze diverse.

La struttura portante è costituita da elementi verticali ed orizzontali in acciaio, di sezione quadrata, ad eccezione dei pilastri tubolari di una delle tettoie a copertura della zona del foro, verniciate di bianco e dotate di canale di gronda e pluviali. Il manto è in pannelli ondulati di materiale plastico trasparente.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria	Modulare, a elementi giustapposti, aggregazione a volumetria seriale

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta - Plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastri e travi in tubolari in acciaio
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Manto in pannelli plastici ondulati trasparenti

Due viste della copertura dell'area del foro in un dettaglio della parte sottostante e da lontano, da dove è possibile percepire l'impatto della copertura dal percorso di accesso al sito



Sintesi critica e conclusioni

La trasparenza in questo contesto sembra essere stata utilizzata con il preciso intento di sfruttarne le caratteristiche per minimizzare l'impatto ambientale e alleggerire il più possibile l'intervento. L'aspetto visivo-percettivo risulta infatti poco invadente e perfettamente integrato nel

contesto paesaggistico.

In termini di prestazioni in fase di montaggio la struttura presenta caratteristiche di leggerezza, rapidità di posa in opera e adattabilità al sito.

La protezione dagli agenti atmosferici è parziale e non esiste un controllo microclimatico essendo la struttura completamente aperta.

La struttura è dotata di ampia flessibilità e totale reversibilità.

Non sono chiare le caratteristiche del manto trasparente e non si conosce il periodo delle ultime operazioni di manutenzione, ma le lastre si presentano in ottimo stato conservativo e le caratteristiche della trasparenza non risultano alterate.

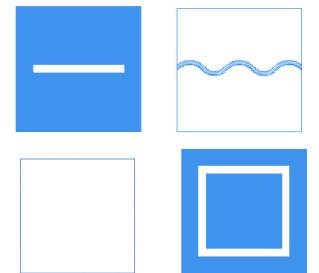
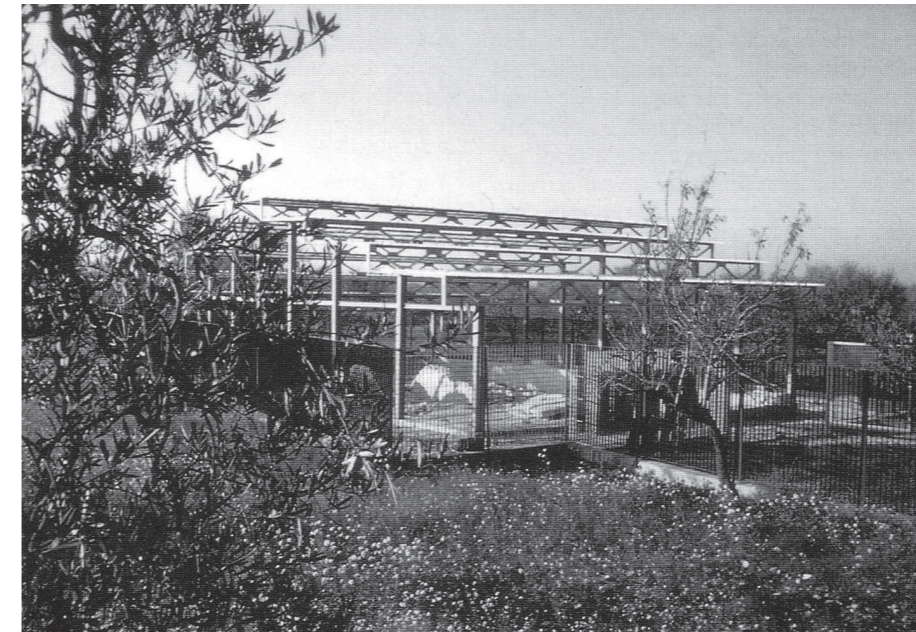
Riferimenti bibliografici

L. Donati, *La casa dell'impluvium: architettura etrusca a Roselle*, Giorgio Bretschneider Editore, Roma 1994.

V. Melani, M. Vergari, *Roselle: profilo di una città etrusca*, Tellini, Pistoia 1974.

R. Bianchi Bandinelli, *Roselle*, in "Atene e Roma", 6, pp.35-48, Le Monnier, Firenze 1925.

Copertura del dolmen Frisari di Bisceglie



Localizzazione	Bisceglie, Bari
Datazione del manufatto archeologico	Media Età del Bronzo, XV sec. a.C.
Data dell'intervento	1990 c.a.
Dati dimensionale	25 mq c.a.
Autore dell'intervento	Progetto di scavo coordinato dall'ing. Giambattista La Notte Lavori in concessione al Consorzio La Quercia, Bisceglie Impresa esecutrice: I.C.E.I spa, Bari Scavo archeologico condotto da Lilli Boccuzzi, Lucia Ceci (Cooperativa Cast, Bari) Progetto della struttura di copertura: ing. Salvatore Caputi Jambrenghi, dott.ssa Francesca Radina
Committente	Soprintendenza Archeologica della Puglia

Abstract

Il progetto di copertura rientra nell'ambito del restauro e valorizzazione di un dolmen rinvenuto a Bisceglie che presentava diversi problemi legati alla localizzazione isolata, rendendo il sito difficilmente custodibile, esposti agli agenti atmosferici e agli atti vandalici.

L'esigenza di garantire all'area una conservazione duratura, assieme

ad un tentativo di valorizzazione dell'area in modo che potesse essere leggibile e comprensibile anche ai non esperti ha portato alla realizzazione di una struttura di copertura costituita da struttura portante in acciaio (pilastri e travi reticolari) e lastre trasparenti, di basso potere filtrante per i raggi solari, priva di effetti percettivi cromatici.

Il contesto di intervento

L'intervento di restauro e valorizzazione del Dolmen Frisari di Bisceglie rientra in un programma generale di conservazione di una serie di dolmen ritrovati nella Puglia centro meridionale e in particolare nel nord di Bari. Il monumento rientra nella tipologia di "tomba a galleria" costituita da grandi lastre calcaree allineate; la tomba è inglobata in un tumulo di pietrame sciolto, disposto secondo una pianta ellittica.

Il dolmen fu oggetto di una sommaria campagna di scavi nel 1909 ad opera di Michele Gervaso finalizzate al restauro e alla conservazione del monumento. È stata scavata la parte residua della struttura che in origine doveva essere composta dalla galleria di lastroni con andamento est-ovest, inglobata nel tumulo di terreno e pietrame. È stato così possibile delineare la pianta della terminazione orientale della galleria, larga 2 m e lunga 3 m circa, con i lati costituiti dai tre lastroni calcarei affioranti alla superficie e piuttosto lacunosi.

La base del tumulo è riemersa ben conservata a sud della galleria; dopo queste fasi di scavo è stata tracciata la verosimile pianta di forma ellittica di circa 8 m di larghezza. Il pietrame sciolto era inserito in un basolato a lastroni sbozzati più regolari. Tutto il monumento poggia sulla piattaforma calcarea regolare che costituisce il locale affioramento del Calcarea di Bari. Due grandi lastroni riversi rispettivamente all'interno e all'esterno della galleria ne facevano sicuramente parte in origine.

Valutazione dei requisiti prestazionali

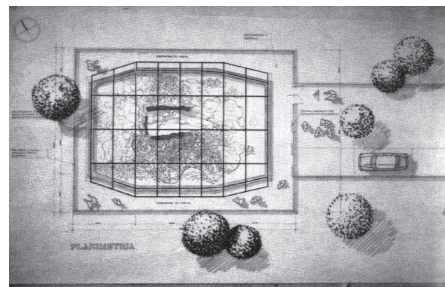
Il problema della conservazione di questa tipologia di monumenti è legato al fatto che si trovano in aperta campagna, lontani dai centri abitati e quindi più difficilmente custodibili, tra l'altro spesso in proprietà private, condizione che complica la gestione degli interventi, ed esposti agli agenti atmosferici e agli atti vandalici. Per alcuni dolmen, si è addirittura optato per il reinterro della struttura in attesa dell'esproprio dell'area e quindi di una sistemazione duratura.

La circoscritta dimensione del monumento e la particolarità della situazione si scavo con cui, benché compromessa da tempo, veniva documentata una struttura complessa e ricostruibile in molte sue parti ha fatto propendere, in vista del progetto di restauro, per una sistemazione a vista di quanto emerso, finalizzata ad una lettura del monumento più completa possibile.

L'esigenza di garantire all'area una conservazione duratura, alla luce anche di recenti danneggiamenti vandalici compiuti in altri siti dell'agro di Bisceglie all'epoca dello scavo, assieme ad un tentativo di valorizza-



L'area di scavo dopo aver eseguito le indagini successive al ritrovamento



Planimetria generale di progetto

zione dell'area in modo che potesse essere leggibile e comprensibile anche ai non addetti ai lavori, ha determinato una scelta progettuale con decise caratterizzazioni formali degli interventi, limitati peraltro a quelli strettamente funzionali al conseguimento di tali obiettivi. Le problematiche generali, e i criteri guida del progetto, consistevano in:

- acquisizione di un'area provata di superficie strettamente necessaria all'accessibilità e alla visita del sito senza determinare eccessivi danni all'attività agricola ad alta specializzazione consistente in impianti di oliveti secolari;
- delimitazione di tale area con recinzioni di limitato impatto visivo ma dotate di sufficiente resistenza all'intrusione;
- dotazione di una minima ma indispensabile area di servizio per parcheggio e sosta, vista l'estrema essenzialità del sistema viario costituito da semplici viottoli di campagna;
- esigenza di coprire l'area di scavo per preservare dal dilavamento delle acque meteoriche i resti instabili e incoerenti del tumulo.

Il progetto di intervento

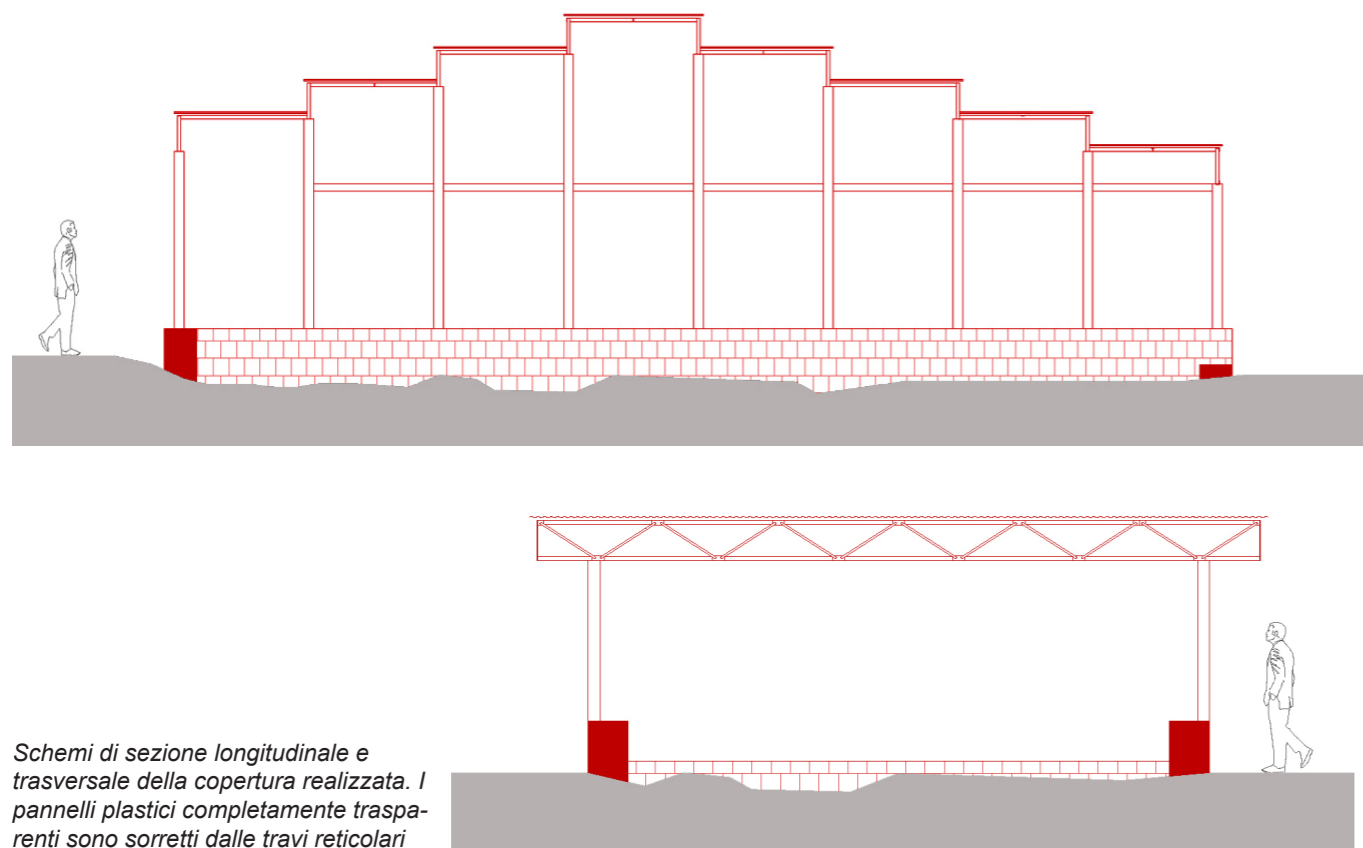
Il monumento funerario è stato delimitato da un percorso di visita perimetrale sistemato al piano di campagna in posizione leggermente dominante per una migliore osservazione. Il percorso, completamente esterno all'area del rinvenimento, si imposta su una muratura di contenimento costituita da blocchi di tufo a secco adattata al piano naturale di appoggio.

Vedute dell'area archeologica a conclusione dell'intervento



La copertura è stata pensata non unitaria e costituita da struttura portante in acciaio (pilastri e travi reticolari) e lastre di modesto potere filtrante per i raggi solari, priva di effetti percettivi cromatici e in grado di non subire a sua volta alterazioni cromatiche. La presenza della copertura ha il duplice effetto di evitare o comunque ridurre al minimo la crescita di vegetazione spontanea, il che consente di risolvere a monte anche parte dei problemi di manutenzione.

Geometricamente, anche se di forme semplici e costituita da materiali del tutto comuni, la struttura è stata pensata il più possibile permeabile al vento e ai "percorsi visivi" dell'osservatore, nel tentativo di limitarne al massimo la presenza in un ambiente quale aperto come quello della campagna.



Schemi di sezione longitudinale e trasversale della copertura realizzata. I pannelli plastici completamente trasparenti sono sorretti dalle travi reticolari

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo di volumetria regolare e pianta semplice

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Blocchi di pietra con funzione di cordolo di fondazione e di delimitazione e protezione dello scavo reggono profilati metallici
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastri scatolari in acciaio reggono travi reticolari in acciaio
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Pannelli plastici trasparenti sono sorretti dalle travi reticolari

Vista del resti archeologici al di sotto della struttura di copertura



Sintesi critica e conclusioni

La struttura di copertura, di non semplice soluzione per l'inevitabile impatto ambientale, essendo il sito collocato in aperta campagna, ha generato l'insorgere di riserve e dubbi; di fatto è stata realizzata, in un contesto piuttosto difficile, una soluzione che ha reso possibile la musealizzazione del reperto nell'unico ambiente possibile, ovvero quello naturale.

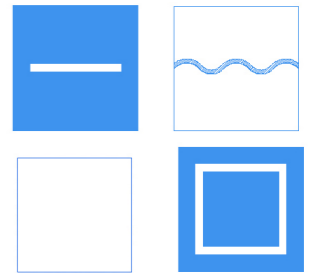
Conclusi i lavori la gestione dell'area è stata affidata, in base ad una convenzione tra il Comune di Bisceglie e la Soprintendenza Archeologica della Puglia, a un gruppo volontario di Bisceglie che provvede alla vigilanza e a un servizio di guida.

Riferimenti bibliografici

F. Radina, *Il dolmen di Bisceglie*, in "Archeo" n. 5/1992 – Anno VII, n. 5 (87), maggio 1992, p. 8.

I siti archeologici. Un problema di musealizzazione all'aperto, a cura di Bruna Amendolea, Secondo Seminario di Studi, Roma, 20-22 gennaio 1994, Gruppo Editoriale Internazionale, Roma 1995, pp. 204-207.

Coperture di quattro domus romane e del complesso termale del parco archeologico di *Fregellae*



Localizzazione	Parco archeologico di <i>Fregellae</i> , comune di Arce e Ceprano, Frosinone, Valle del Liri
Datazione del manufatto archeologico	328 a.C. – 125 a.C.
Data dell'intervento	1991
Dati dimensionale	600 mq c.a. di superficie coperta per ciascuna domus
Autore dell'intervento	Direzione scientifica: Filippo Coarelli Coordinamento e organizzazione scavi: Paolo Braconi Direzione scavi da musealizzare: Giovanna Battaglini, Luigi La Rotonda, Pietro Longo Indirizzi museali: Antonella Pinna Progetto e direzione lavori: Laura Romagnoli, Guido Batocchioni, Santa Caltabiano (collaboratrice) Consulenza strutturale: Alfredo Delfi, Vladimiro Alfonsi Ricognizioni geologiche: Idrogeotec – Perugia Indirizzi conservativi: Luca Demitry, Marco Anastasi Rilievi topografici: Enrico Raspati
Committente	Soprintendenza Archeologica del Lazio

Abstract

Il parco archeologico dell'antica città di *Fregellae* occupa un'area di circa novanta ettari. Il sito è stato oggetto di articolate e complesse operazioni atte alla conservazione, alla musealizzazione, agli aspetti didattici e all'accessibilità delle diverse parti scavate; in particolare, sono state realizzate quattro coperture, rispettivamente per tre domus e per il complesso termale. Le strutture di copertura sono state realizzate nei casi individuati come testimonianza prioritaria o particolarmente significativa della struttura urbana, con il duplice scopo di ottenere un livello di conservazione ottimale e suggerire la consistenza volumetrica originale. Le coperture hanno consentito inoltre di ricollocare in situ i materiali decorativi di provenienza certa, gli elementi di arredo e gli oggetti di uso comune rinvenuti. Le strutture sono composte da pilastri in acciaio e travi in legno lamellare, chiusure verticali esterne in doghe di legno, chiusura orizzontale in doghe in legno e manto in lamiera coibentata; la proprietà della trasparenza è in questo caso utilizzata in modo circoscritto e convenzionale, in forma di pannelli in policarbonato degli infissi complanari alla copertura e, in un caso, a riproporre la volumetria dell'impluvium.

Il contesto di intervento

Nel 1978 l'Università di Perugia, sotto la direzione di Filippo Coarelli, si impegnò nello scavo del sito di *Fregellae* già descritto all'inizio del secolo da Giuseppe Colasanti. Nel 1988 si diede avvio ad un programma di musealizzazione dell'antica città e nel 1991 la valorizzazione dell'area venne finanziata dalla XV Comunità Montana della Valle del Liri e dal Comune di Arce. Le indagini archeologiche invece proseguirono, in maniera sistematica, fino al 2000 – 2001. L'impostazione degli stralci di progetto è stata strutturata in funzione della leggibilità delle strutture e dei percorsi di visita, indirizzati alle problematiche di conservazione e fruizione; l'intervento riguarda tre domus e il complesso termale. Il principale interesse del sito risiede nel fatto che della città di *Fregellae* si conoscono esattamente la data di fondazione (328 a.C.) e quella di distruzione (125 a.C.).

La domus 7 comprende due case: una più antica, risalente ai primi tempi della colonia, e l'altra, costruita sopra la precedente, degli inizi del II sec. a.C. La costruzione più antica non venne distrutta del tutto e per costruirvi sopra l'altra fu eseguito un interrimento delle strutture superstiti. Entrambi le abitazioni presentano la stessa tipologia, quella della casa ad atrio. Nella fase più antica i muri erano costituiti da uno zoccolo inferiore in laterizio e da argilla mescolata a paglia (pisè); nella seconda fase invece vennero utilizzati grandi blocchi di pietra squadrata che costituiscono la fondazione di un alzata che con molta probabilità era costituito in mattoni di argilla cruda o di pisè. Le pareti di tali muri erano rivestite di intonaco, che proteggeva e rendeva impermeabile lo stesso muro.

La domus 11 è un'abitazione di modeste dimensioni che nel suo impianto non rispetta la tipologia canonica della casa ad atrio: non presenta gli ambienti ai lati dell'atrio e quelli a sud si presentano in maniera asimmetrica rispetto all'asse centrale della casa. Il primo ambiente, per dimensioni, potrebbe corrispondere al *tablinum*, gli altri due avevano probabilmente funzione di *cubicula*.

Interessanti sono i pavimenti in signino e le terracotte architettoniche che incorniciavano l'apertura del tetto nell'atrio, ovvero il compluvio.

La domus 17 è identificata come una casa ad atrio ma non ne segue l'impianto canonico: presenta l'impluvio centrale, ma è priva degli ambienti che dovrebbero aprirsi intorno all'atrio, e tale particolarità ha fatto ipotizzare l'esistenza di un piano superiore. Altra anomalia di tale costruzione è rappresentata dagli ambienti disposti nella zona di fondo della casa, di cui uno solo aveva funzione abitativa, gli altri sono da collegare ad una piccola industria domestica, confermata da vasche comunicanti con canali e dai pavimenti idraulici. Di questa domus è documentata anche una fase databile al IV sec. a.C., che è visibile solo al di là della soglia d'ingresso e in fondo all'atrio. Adiacente a questa casa è conservata in parte la domus 19, della quale sono riconoscibili il canale di deflusso delle acque dell'impluvio e vari ambienti.

Il complesso termale conobbe varie fasi edilizie, ma l'aspetto che presentava prima dell'abbandono era quello di una serie di ambienti adibiti ai bagni articolati in due ali servite da un corridoio. L'ala occidentale, composta di tre stanze, era destinata agli uomini; l'ala orientale, più piccola era destinato invece alle donne. Tra le due ali si trovava uno spazio parzialmente porticato che con probabilità era adibito a palestra. Alcune sale erano coperte da una volta a tutto sesto, con elementi in terracotta ed elementi figurativi a rilievo, telamoni, erano inseriti sulla pareti a sostegno simbolico della volta. Il complesso si innalza su un altro più antico che possedeva lo stesso sistema di copertura a volte in terracotta.

Valutazione dei requisiti prestazionali

Obiettivi dei diversi interventi attuati nel parco archeologico sono stati la divulgazione e la valorizzazione, anche attraverso la soluzione ai problemi di accessibilità e conservazione. La stessa équipe tecnica responsabile dello scavo ha messo a punto il progetto complessivo del parco, affiancando alla tutela passiva del vincolo la salvaguardia attiva che opera attraverso interventi di valorizzazione del patrimonio archeologico con lo scopo di migliorare la conoscenza e il riconoscimento dei significati culturali del territorio.

Il programma di musealizzazione, molto vasto e complesso, ha previsto un itinerario turistico -culturale formato da una sequenza di strutture museali disposte lungo percorsi di visita attrezzati e dotati di servizi didattici e logistici e di un centro studi sulle attività di ricerca. Tra il 1989 e il 1990 è stato completato l'allestimento museale degli ambienti al

piano terra della sede municipale di Ceprano come “museo del sito”, configurandosi confronto diretto tra strutture restaurate in situ e museo.

L'impostazione degli stralci di progetto è stata strutturata in funzione della leggibilità delle strutture e dei percorsi di visita, indirizzati alle problematiche di conservazione e fruizione grazie all'apporto di professionalità complementari. Ne è scaturito un lavoro interdisciplinare in cui gli indirizzi progettuali derivano dalla messa a punto dell'interpretazione archeologica con gli orientamenti metodologici dell'intervento conservativo considerando sempre la reversibilità e il controllo dell'esito formale, in funzione di una trasmissione completa delle testimonianze storiche e per stimolare l'approccio fruitivo.

Le tecniche di scavo sono state finalizzate alla musealizzazione e non solo alla conoscenza, sono state verificate le condizioni ambientali, climatiche e i livelli di accesso al sito. La diversità dei materiali, del loro stato di conservazione e il differente grado di leggibilità degli elementi sopravvissuti ha portato all'adozione di sistemi di protezione e fruibilità diversi. Le strutture di copertura sono state realizzate nei casi individuati come testimonianza prioritaria o particolarmente significativa della struttura urbana, con il duplice scopo di ottenere un livello di conservazione ottimale e suggerire la consistenza volumetrica originale. Le coperture hanno consentito inoltre di ricollocare in situ i materiali decorativi di provenienza certa, gli elementi di arredo e gli oggetti di uso comune rinvenuti.

Vista interna della domus una volta completato il restauro, il progetto di copertura e l'allestimento museale. La creazione dell'effetto di luce che proveniva dall'impluvium è affidato a lastre trasparenti in policarbonato poste sulla copertura



Vista della chiusura verticale a listelli di legno e dell'effetto luminoso dell'impluvium trasparente



Il progetto di intervento

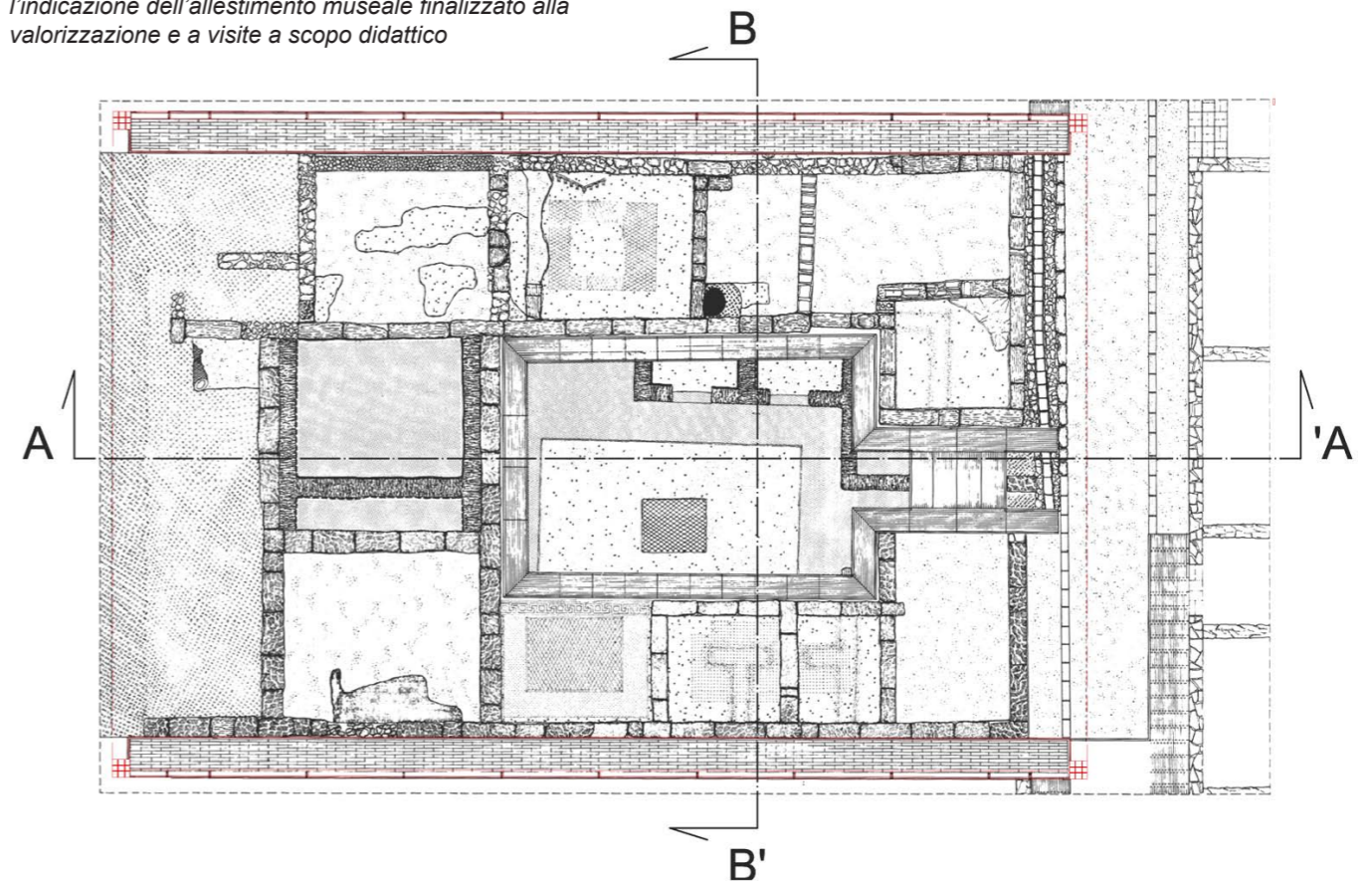
I sistemi di copertura permanenti sono stati progettati con criteri di modularità in modo da essere riproposti negli eventuali sviluppi futuri. L'uso delle travature in legno lamellare è stato adottato poiché consente di superare con una campata unica l'ampiezza dell'edificio e di creare un reticolo solido di 30 x 20 m poggiante su quattro vertici principali. I montanti sono composti da un fascio di elementi metallici modulari facilmente assemblabili per adeguarsi alle variazioni del terreno ancorati a terra su plinti collocati lungo l'asse delle murature principali, in coincidenza con il vuoto tra marciapiede e hortus in modo da evitare interferenze con i reperti archeologici. Le chiusure esterne verticali, a ulteriore salvaguardia delle strutture antiche, suggeriscono il senso di aggregazione tipologica. La chiusura superiore è in doghe di legno e manto in lamiera coibentata.

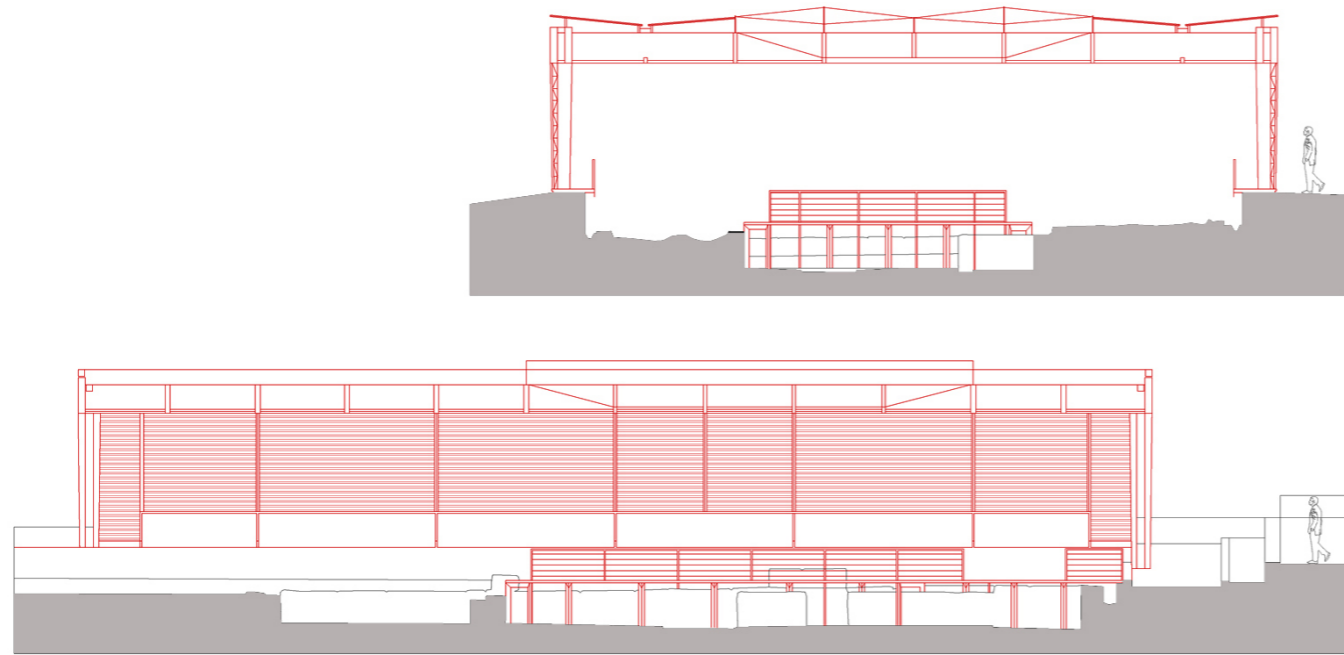
Alla funzione protettiva il sistema aggiunge la restituzione della percezione degli spazi originali, ricreando la sensazione dell'effetto che aveva la luce proveniente dal displuvium, riprodotta con l'uso di materiali trasparenti.



Due dettagli delle lastre trasparenti in policarbonato utilizzate in copertura per ricreare l'effetto che aveva la luce proveniente dal displuvium

Pianta della domus dopo i lavori di restauro e con l'indicazione dell'allestimento museale finalizzato alla valorizzazione e a visite a scopo didattico





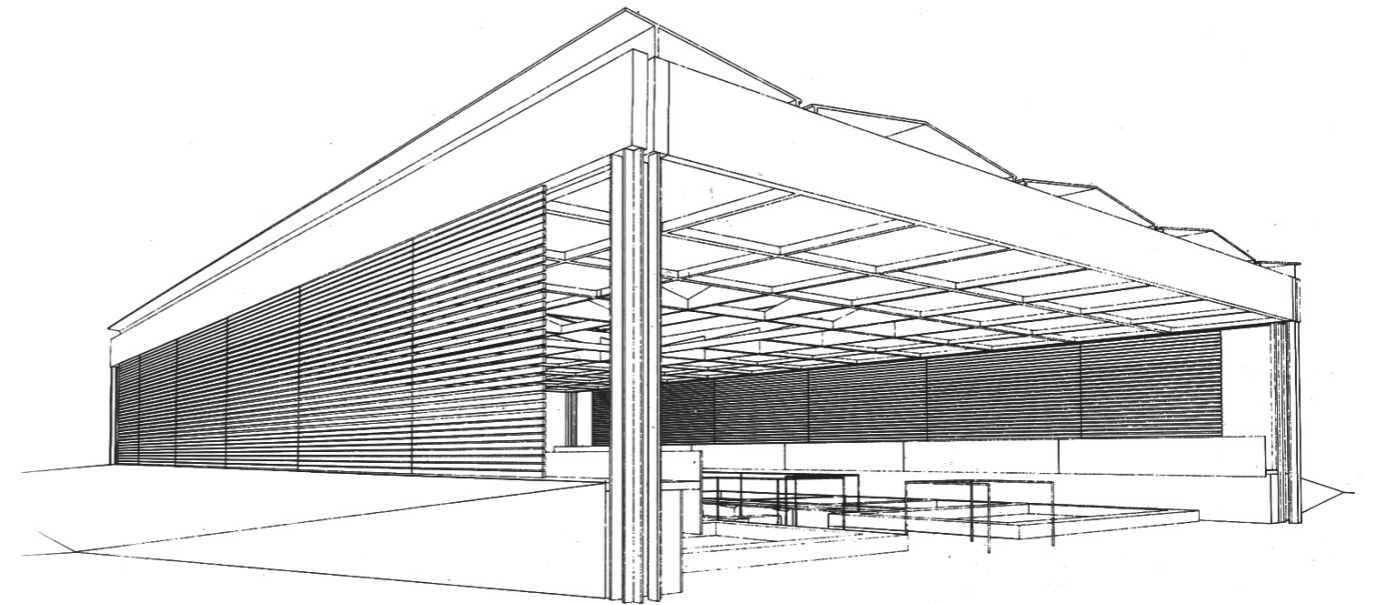
Sezione trasversale B-B' e sezione longitudinale A-A' della struttura riconfigurativa della domus

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate (per tutte e quattro le coperture)

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo di volumetria regolare su pianta semplice rettangolare
CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO	
Fondazione	Diretta, plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastri in acciaio, travi in legno lamellare
Chiusura verticale	Pannelli in doghe orizzontali di legno
Chiusura superiore	Doghe in legno, manto in lamiera coibentata e infissi complanari in lastre trasparenti di policarbonato

Sintesi critica e conclusioni

La proprietà della trasparenza, nei quattro progetti di coperture a protezione delle *domus* e delle terme, è utilizzata parzialmente e in modo convenzionale; le lastre trasparenti in policarbonato costituiscono gli infissi orizzontali complanari alla copertura. La trasparenza ha il preciso scopo di ricreare l'effetto che la luce creava negli ambienti interni



Vista prospettica della struttura di copertura in legno lamellare

attraverso l'impluvium. Le lastre trasparenti sono collocate al centro della copertura, in modo da creare una fascia di luce; solo in caso (nella domus 11) la trasparenza riguarda solo lo spazio occupato in copertura dalla "riproposizione" dell'impluvium.

Tutte le coperture sono progettate e realizzate al fine di costituire un sistema di protezione permanente e di rendere pubblicamente fruibili gli spazi del sito protetti; per quanto riguarda le prestazioni in fase di montaggio, nessuna delle strutture è caratterizzata da leggerezza e nemmeno da rapidità di montaggio.

Non sono strutture dotate di particolare flessibilità e la caratteristica della reversibilità è soddisfatta solo parzialmente.

La protezione agli agenti atmosferici è assicurata, così come un parziale controllo microclimatico, affidato alla copertura, alla ventilazione interna e alle doghe in legno delle chiusure esterne verticali. Anche la manutenzione non risulta particolarmente agevole.

L'invasività, per quanto riguarda l'impatto archeologico, è bassa, dal momento in cui le strutture sono state studiate al fine di non compromettere i resti archeologici.

Tutte le coperture nascono con l'intento di suggerire le antiche volumetrie, l'impatto visivo-percettivo risulta complessivamente non di particolare disturbo.

Riferimenti bibliografici

I siti archeologici. Un problema di musealizzazione all'aperto, a cura di Bruna Amendolea, Secondo Seminario di Studi, Roma, 20-22 gennaio 1994, Gruppo Editoriale Internazionale, Roma 1995, pp. 133-144.

G. Colasanti, *Fregellae: Storia e Topografia*, Roma 1906.

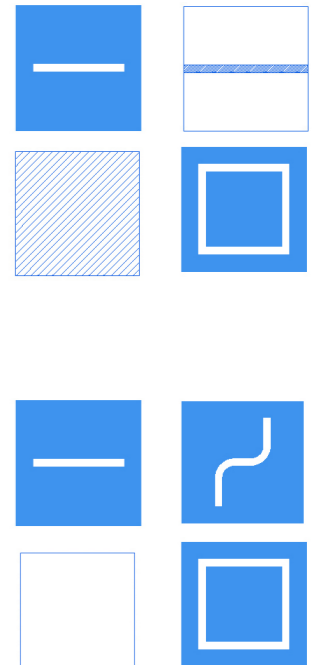
F. Coarelli, *Fregellae, la storia e gli scavi*, Roma 1989.



Vista interna della domus al completamento del progetto di protezione e riconfigurazione e dettaglio della struttura di copertura con l'effetto luminoso affidato alla riproposizione del displuvio



Coperture del tempio e del teatro di Urbisaglia



Localizzazione	Area archeologica di <i>Urbs Salvia</i> , Comune di Urbisaglia, Macerata
Datazione del manufatto archeologico	Prima metà del I sec. d.C.
Data dell'intervento	1995 c.a.
Dati dimensionale	90 mq c.a.
Autore dell'intervento	-
Committente	Soprintendenza Archeologica delle Marche

Abstract

L'intervento di protezione nel sito archeologico di *Urbs Salvia* comprende due distinte coperture, una per il tempio criptoportico e una per la zona del teatro.

La copertura dei resti del tempio è costituita da pilastri e travi in acciaio e copertura in lamiera, con un tunnel centrale trasparente costituito da lastre in policarbonato curve.

La copertura della zona del teatro è limitata ai resti di due muraure ortogonali tra loro che presentano lacerti di decorazioni pittoriche; è costituita da una semplice tettoia con pilastri prefabbricati in c.a., travi in legno e manto di copertura in materiale plastico trasparente.

Il contesto di intervento

Il complesso tempio-criptoportico, delimitato da un recinto, prospettava con grande effetto scenografico sull'area forense. Il complesso è formato da un tempio prostilo esastilo dedicato alla Salus Augusta e il criptoportico, una struttura semisotterranea formata da quattro gallerie che circondano il tempio stesso. Tre delle quattro gallerie erano divise in due navate tramite una serie di pilastri rettangolari collegati da archi. Le gallerie erano interamente decorate ad affresco riferibili al III stile pompeiano, divise su tre fasce. I muri perimetrali sono in opera mista, costituita da conci di pietra alternati a file di mattoni, raddoppiati all'esterno da un secondo muro.

Il teatro, fatto costruire da Gaio Fufio Gemino nel 23 d.C. circa, sfrutta il pendio del colle secondo modalità costruttive di origine greca. Realizzato in opera laterizia con nucleo cementizio, subì dissesti già in epoca antica a causa dei movimenti franosi. Di dimensioni molto grandi dominava l'area del foro con imponente effetto scenografico. Sono rimaste tracce di decorazione pittorica sul lato est.

Un avvio di grande rilevanza alle ricerche sul centro romano di *Urbs Salvia* è costituito dall'edizione della documentazione epigrafica ad opera di Theodor Mommsen nel 1883. Dopo un lungo periodo di stasi intorno al 1925 le ricerche vennero riavviate e furono riportate alla luce un frammento dei *Fasti triumphales*. Una nuova fase della storia degli studi sulla città si apre negli anni '70 e proprio in questi anni venne messo in luce il grande criptoportico dall'équipe dell'Università di Strasburgo guidata da Christiane Delplace. Le indagini proseguirono con notevoli risultati fino al 1990, scoprendo gli edifici più importanti dell'an-

Vista della copertura a tettoia addossata alle strutture del teatro a protezione dei lacerti di pitture murali



tico abitato. Negli ultimi tempi è stata avviata una nuova fase di studi e ricerche su questo centro del Piceno romano. A partire dal 1995, su concessione ministeriale, sono state condotte cinque campagne di scavo organizzate dal Dipartimento di Scienze archeologiche e storiche dell'Antichità dell'Università di Macerata che hanno interessato soprattutto l'area del Tempio-criptoportico.



Dettagli della copertura a tettoia a protezione delle pitture murali sulle murature esterne del teatro. Sono visibili i pilastri prefabbricati in c.a. e l'incastro della trave alla muratura



Vista della zona sottostante la tettoia; sono visibili i pannelli in materiale plastico traslucido che costituiscono il manto di chiusura superiore e i lacerti delle pitture murali

Valutazione dei requisiti prestazionali

Sia la copertura del tempio che quella del teatro hanno come principale scopo la protezione dagli agenti atmosferici; sia i resti del tempio che le porzioni di muratura esterna del teatro presentano lacerti di decorazioni pittoriche.

Il sito non necessitava di strutture che valorizzassero l'area archeologica o che rendessero maggiormente leggibili e comprensibili i manufatti storici. Il tempio è stato però protetto da una struttura di copertura aperta ai lati ma circondata da un'alta grata metallica che evita l'intrusione di estranei ed eventuali atti vandalici o danni alle strutture.

Il progetto di intervento

L'intervento è costituito da due distinte coperture che utilizzano materiali trasparenti in due differenti modi: quella della zona del teatro è una semplice tettoia, retta da pilastri prefabbricati in c.a., travi in legno e chiusura orizzontale in lastre di materiale plastico traslucido. La copertura del tempio è invece più complessa e costituita da pilastri e travi in acciaio, manto in lamiera e tunnel centrale in policarbonato trasparente.

Vista interna della copertura a protezione e chiusura del tempio; la copertura superiore è un manto in lamiera reso trasparente solo al centro dal "tunnel" in policarbonato



Vista della copertura del tempio dall'esterno, con la grata metallica posta a protezione da intrusioni e atti vandalici



Viste interne della copertura del portico; oltre al tunnel centrale al manto di copertura, l'illuminazione deriva da tre lati privi di chiusure verticali

rente. Attorno alla zona coperta del tempio è stata collocata una griglia che protegge tutti e quattro i lati da intrusioni.

Le due coperture, poste in due zone distinte del sito archeologico, non dialogano né dal punto di vista compositivo né per tecnologie utilizzate e hanno come scopo principale la protezione dei manufatti archeologici, in particolare per quanto riguarda i lacerti di pitture murali rinvenute.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate - COPERTURA DEL TEMPIO

Tipologia	Permanente
Volumetria	Corpo singolo di volumetria regolare su pianta semplice rettangolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta, plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastri in acciaio HE e travi reticolari in acciaio a C
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Manto in lamiera con tunnel centrale in policarbonato trasparente

COPERTURA DEL TEATRO

Tipologia	Permanente
Volumetria	Due tettoie di volumetria regolare con pianta semplice rettangolare ortogonali tra loro

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta, plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastri prefabbricati in c.a., travi in legno
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Manto pannelli plastici traslucidi

Sintesi critica e conclusioni

Entrambe le strutture, progettate senza finalità ricostruttive come protezioni permanenti per due zone distinte del sito, non sono dotate di particolare leggerezza, rapidità di montaggio e adattabilità al sito.

Nonostante il tentativo di minimizzare l'impatto o, nel caso del tempio, di garantire illuminazione naturale e visibilità, utilizzando materiali trasparenti o traslucidi, la percezione visiva è piuttosto di impatto nei confronti dei manufatti originari e presentano un'alta invasività.

Nel caso della tettoia, è garantita una parziale protezione dagli agenti atmosferici e nessun controllo microclimatico; nel caso del tempio, la protezione è media e il controllo microclimatico parziale. Le strutture non sono dotate di particolare flessibilità e sono difficilmente reversibili;

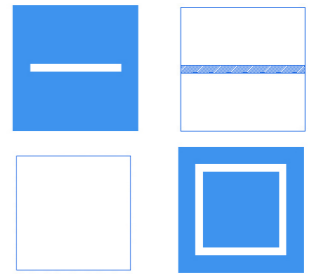
La manutenzione, per entrambe le soluzioni, non è particolarmente agevole, come dimostrano le condizioni del manto di copertura.

La proprietà della trasparenza è sfruttata in modo convenzionale nella copertura del tempio, affidata al tunnel centrale in policarbonato, particolare è invece l'effetto della tettoia con manto traslucido, che si presenta piuttosto ingiallito e, anche a causa della struttura portante, non è caratterizzata da leggerezza e "non invasività" nei confronti delle murature storiche. corretta manutenzione.

Riferimenti bibliografici

Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi, a cura di N. Santopuoli e S. Santoro, disponibili in formato digitale, inedito.

Copertura della Casa dei Mosaici, Iasos



Localizzazione
Datazione del manufatto archeologico
Data dell'intervento
Dati dimensionale

Iasos (Caria), Turchia

II sec. d.C.
1995-1998
300 mq ca.

Autore dell'intervento

dott.ssa Fede Berti,
Museo Archeologico Nazionale di Ferrara; dott.ssa Maurizia Manara;
Missione Archeologica Italiana di Iasos; Scuola di Specializzazione in Archeologia del Dipartimento di Scienze Archeologiche della Università di Cagliari condotta da S. Angiolillo

Committente

-

Abstract

L'intervento riguarda la struttura di copertura realizzata a protezione della Casa dei Mosaici a Iasos, su una piccola isola della Turchia. L'importanza del manufatto archeologico risiede, oltre al valore storico, al fatto che si tratta dell'unico esempio noto di edilizia privata del II sec. d.C. nell'isola. La struttura di copertura è realizzata con un sistema di travi e pilastri in legno lamellare trattato che sostiene i pannelli di policarbonato, legati ai montanti verticali da piastre di acciaio. La forma della copertura è stata concepita come un insieme di "vele" trasparenti, con caratteristiche di estrema leggerezza; le scelte dei materiali sono state desunte dalla valutazione delle condizioni atmosferiche del sito, a forte insolazione per gran parte dell'anno ed esposto agli agenti corrosivi del mare e al vento.

Il contesto di intervento

La città di Iasos occupa un'isola di forma allungata relativamente stretta (900 metri ca. di lunghezza, 450 metri di larghezza) forse già in età greca collegata da un istmo alla terraferma.

L'insediamento, a partire dal Bronzo Antico, prosperò senza periodi di interruzione. Come molte altre città dell'Asia Minore, Iasos conobbe un grande sviluppo nei primi secoli dell'impero. Gran parte degli edifici, pubblici e privati e riportati in luce nel corso degli scavi, risalgono ai periodi di Adriano e Antonino. L'insediamento si modellò sulla particolare morfologia del sito. Ciò appare con maggiore evidenza in età ellenistica e in età romana. Destinò alle funzioni civili e religiose la spianata ai piedi dell'altura, l'acropoli e le pendici occidentali dell'isola (dove fu costruito il teatro). Riservate ai quartieri abitativi furono invece le pendici meridionali e orientali degradanti verso il mare con terrazzamenti.



Vista del contesto di intervento

La "Casa dei Mosaici" è un esempio dell'edilizia privata di II secolo d.C. Fu costruita su un terrazzamento da cui si domina il mare. La costruzione si dispone attorno a un peristilio con quattro ambienti di rappresentanza prospicienti sulla *pastas* (lato nord) e con piccoli vani di servizio che si affacciano sul lato occidentale del portico. Non completamente scavata, presenta affreschi parietali e i pavimenti a mosaico particolarmente ricchi. La Casa dei Mosaici costituisce, a Iasos, l'unico esempio di edilizia residenziale noto. È posta circa a metà del pendio che dall'acropoli degrada verso il mare ed è costruita con sviluppo nord-sud su un terrazzamento predisposto per la costruzione. Lo scavo degli anni '70 non venne esteso alla parte anteriore dell'edificio, ovvero al settore compreso tra il lato meridionale del peristilio e l'ingresso; viceversa sono stati oggetto delle indagini più recenti i settori

esterni a nord e a ovest (qui parzialmente) e due dei piccoli ambienti di servizio che comunicano con il lato occidentale del peristilio.

Da un punto di vista planimetrico, va rimarcato che, nonostante la sua datazione (inizi del II sec. d.C.), nella Casa dei Mosaici sembra ancora forte la suggestione del modello ellenistico. Il nome corrente le deriva dall'apparato musivo bianco-nero che ricopre i pavimenti del peristilio e degli ambienti di rappresentanza che vi si affacciano da nord. Un largo intreccio di ottagoni si dispone lungo il peristilio, "tappeti" a campiture geometriche più serrate e con limitati inserimenti del colore rosso decorano le stanze del settore settentrionale in sequenze interrotte da piccole figure; di ben maggiore risalto cromatico erano gli affreschi, di cui restano larghe porzioni soprattutto nella stanza d'angolo a nord-ovest.

Valutazione dei requisiti prestazionali

La copertura è destinata a un edificio residenziale non completamente scavato, sorto nel II sec. d.C. sulle pendici sud-occidentali dell'isola (oggi collegata alla terraferma da un istmo) su cui sorgeva la città di Iasos. Pur non avendo elementi attendibili per un'ipotesi ricostruttiva dell'alzato, l'edificio era probabilmente dotato di un secondo piano con scala di accesso sul lato occidentale.

In questo contesto, la Casa dei Mosaici, vi sarebbe stata la garanzia di una migliore conservazione degli affreschi parietali e dei tessellati pavimentali soltanto procedendo alla realizzazione di una struttura di copertura protettiva.

La situazione di fatto comportava una differenziata conservazione dell'alzato delle murature, elevate da un massimo di m 2.60 alla quota dei pavimenti. L'edificio è infatti stato costruito sopra un terrazzamento



La presenza dei mosaici pavimentali ha costituito uno dei fattori principali nel definire la protezione della casa

artificiale, delimitato, nel settore nord-occidentale, da alti gradoni ritagliati nella roccia viva. Il pendio in forte discesa ha nondimeno favorito il dilavamento e il franamento delle strutture, sicché del tratto più esterno della parte orientale, comprendente anche il muro maestro, non si è rintracciato che il filare di fondazione, alla quota di - ca. 60 cm dal piano pavimentale.

Lo stato di conservazione ha portato a escludere qualsiasi tentativo di confronto con le strutture originarie, salvo -forse- che per un particolare: anziché intendere la copertura e il suo appoggio come un "involucro" che contenesse l'edificio, si è utilizzato il reticolato di muri esistenti, perimetrali e non, come elemento generatore per un nuovo corpo giustapposto. Il frazionamento modulare dell'impianto, d'altra parte, risponde a un preciso requisito: la possibilità, procedendo negli scavi, di estendere la copertura.

La realizzazione della copertura ha quindi dovuto tener conto di fattori quali flessibilità (sono previsti ampliamenti), reversibilità e indipendenza strutturale rispetto alle parti originarie, compatibilità (anche estetica) con l'ambiente.

Particolarmente pregevole da un punto di vista paesaggistico è il contesto ambientale in cui esso si colloca, tale comunque da escludere una impostazione progettuale invasiva, sia dal punto di vista strutturale sia dell'impatto visivo.

Obiettivo dell'intervento era la salvaguardia dagli agenti atmosferici dei mosaici pavimentali e degli intonaci policromi, oggetto questi ultimi di recenti restauri e, per quanto riguarda i tessellati, da tempo mantenuti nascosti alla vista da uno strato protettivo di sabbia.

Il progetto di intervento

La struttura è stata concepita come un insieme modulare giustapposto (e giustapponibile) di quattro falde o "vele" diversamente inclinate e di altezza lievemente differente. In modo particolare nella veduta dall'alto esse rimarcano la planimetria dell'edificio: infatti due falde displuviate coprono i quattro ambienti settentrionali, una terza falda copre la pastas, una quarta il portico occidentale ed i vani adiacenti. L'estensione della copertura è di circa 300 mq. È realizzata in legno lamellare e polycarbonato, con montanti congiunti alle murature antiche mediante raccordi metallici o inseriti nelle parti murarie di nuova integrazione.

Assieme alla copertura sono state collocate in opera passerelle in legno che guidano il percorso di visita e balaustre perimetrali che impediscono l'accesso agli animali.

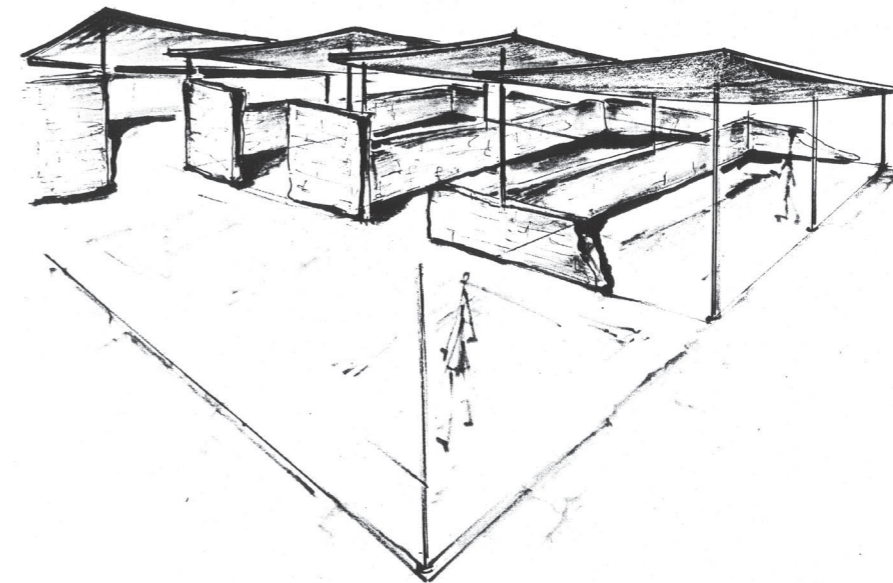
La progettazione di coperture per aree archeologiche rappresenta la sintesi di diverse problematiche, inerenti sia al monumento da preservare, sia al luogo e al paesaggio in cui la realizzazione va a ubicarsi.

La forma della copertura è stata concepita come un insieme di vele trasparenti, con caratteristiche di estrema leggerezza, nel quale le scelte dei materiali derivavano dalla valutazione delle condizioni atmosferi-

che del sito, a forte insolazione per gran parte dell'anno, esposto agli agenti corrosivi del mare e al vento.

Di qui l'ipotesi di una sorta di schermo, il più possibile trasparente, realizzato con lastre di polycarbonato estruse, le quali, oltre che leggere, hanno notevoli qualità di resistenza meccanica e offrono una efficace e costante protezione dai raggi solari, fornendo pur tuttavia alla parte sottostante una luce polarizzata, distribuita uniformemente, priva dei riflessi e degli abbagliamenti che possono manifestarsi in presenza di valori elevati di illuminamento.

Per ottenere buone condizioni microclimatiche, garantire la circolazione dell'aria ed evitare fenomeni di surriscaldamento, le quote del coperto andavano differenziate; tale frazionamento avrebbe inoltre opposto minore resistenza all'azione del vento.



Primo schizzo di progetto della struttura di copertura della casa dei mosaici

L'intervento ha comportato, preliminarmente, opere di consolidamento dei muri esistenti in blocchi di scisto di cava locale e la loro irregolare sopraelevazione sino a una quota media di m 1-1.50 con uso di materiali congruenti; una lieve risega ha evidenziato le parti di nuova esecuzione. Ripreso invece dalle fondamenta è stato il setto orientale.

Oltre a migliorare la lettura della configurazione planimetrica originaria, l'operazione ha avuto la funzione di agevolare il posizionamento della copertura, i cui montanti vanno a inserirsi in cavità predisposte ad arte nei nuovi tratti della muratura.

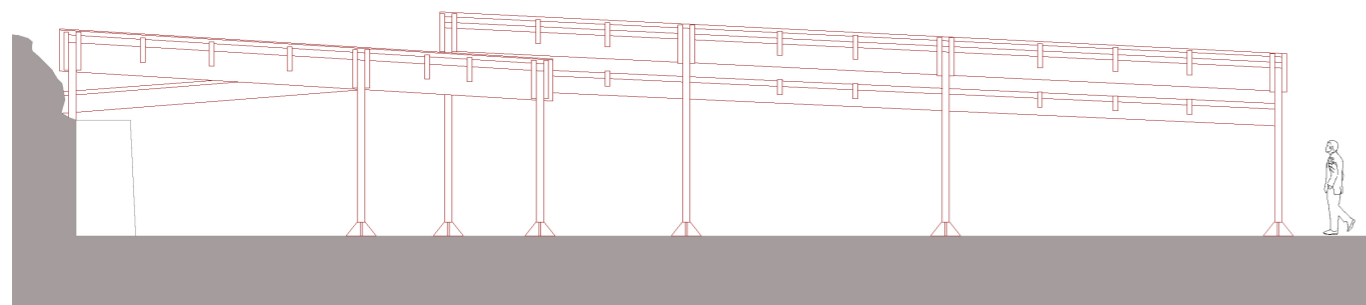
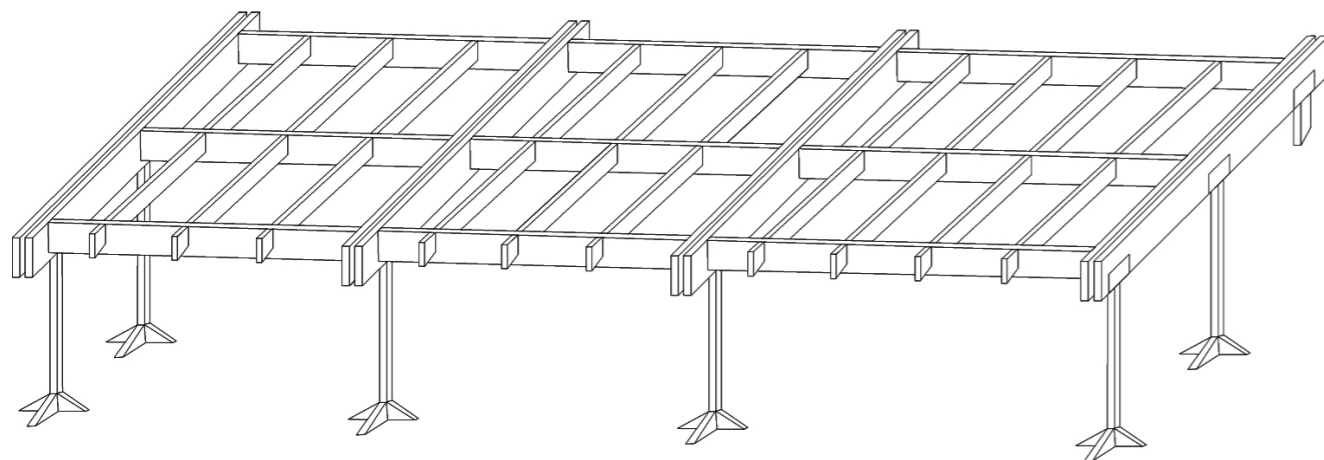
Dal punto di vista strutturale, sia le basi sia i montanti verticali e orizzontali costituiscono un sistema autoportante che si appoggia unicamente sulle parti murarie di integrazione. In altre parole, il sistema è sovrapposto all'antico e rispettoso della sua integrità. È realizzato



Vista della struttura di copertura in legno e manto di pannelli trasparenti in polycarbonato

come una griglia di travature in legno lamellare trattato che sostiene i pannelli di polycarbonato, legati ai montanti verticali da piastre di acciaio. I montanti si inseriscono nella sopraelevazione dei muri o poggiano

Schema di sezione e assonometria della copertura con struttura portante in legno e manto trasparente



Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia Permanente
Volumetria di progetto Modulare, a elementi giustapposti

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione Sistema autoportante: i montanti si inseriscono nella sopraelevazione dei muri o poggiano direttamente sul terreno con plinti zavorrati

Struttura di elevazione verticale e orizzontale Sistema di travi e pilastri in legno lamellare; montanti fissati alle murature antiche mediante raccordi metallici o inseriti nelle parti murarie di nuova integrazione

Chiusura verticale Assente

Chiusura superiore La griglia di travature in legno lamellare trattato sostiene i pannelli di polycarbonato estrusi, legati ai montanti verticali da piastre di acciaio



direttamente sul terreno con plinti zavorrati.

Il sistema permette di raggiungere grandi luci lasciando libere le superfici da interferenze infrastrutturali. In termini di estensione, la copertura è attualmente di 300 mq. Le "vele" sono state costruite rispettivamente sopra l'ambiente d'angolo a nord-ovest, sopra i tre vani comunicanti con la pastas, sopra la pastas e sopra il lato occidentale del peristilio. Quest'ultimo settore copre anche i piccoli ambienti di servizio che si affacciavano sul porticato; che essi avessero una funzione prettamente utilitaria sembra potersi ricavare dalla natura di alcuni apprestamenti presenti e dalla semplicità del loro assetto, che comporta piani pavimentali in battuto.

Sintesi critica e conclusioni

Ulteriori esigenze di cui si è tenuto conto in fase progettuale sono state: flessibilità (in previsione di ampliamenti futuri), completa reversibilità del manufatto, sua indipendenza strutturale rispetto alle parti originarie, compatibilità volumetrica con l'ambiente, costi. Ci si è inoltre riproposti di facilitare il rapporto del visitatore con il monumento e di salvaguardare il complesso dall'intrusione di animali o altri elementi estranei.

Osservata dai vari punti di vista, la copertura si integra con l'ambiente con leggerezza, si pone come elemento segnaletico per il visitatore e lo induce a sostare in un luogo gradevole.

Grazie alla sua componibilità modulare è possibile adattarla a configurazioni spaziali pressoché illimitate, ad ampliamenti e variazioni. È di agevole montaggio ed è realizzata con materiale (legno) di facile reperibilità, che i carpentieri locali lavorano con la tradizionale perizia.

Elemento che connota la copertura, realizzata come un insieme di la-

stre a inclinazione diversa sia per il miglior deflusso dell'acqua piovana sia a contrasto delle piogge radenti, è quella configurazione a "vele sospese" che il progetto conteneva. Essa non è stata caratterizzata da un punto di vista architettonico poiché si è cercato di evitare che entrasse in competizione con il paesaggio circostante. La pendenza delle falde degrada adeguandosi al naturale pendio del terreno, la loro parte superiore non emerge dal profilo della collina, il colore grigio scuro della verniciatura e il riflesso traslucido del policarbonato si amalgamano con il colore degli ulivi, che contraddistinguono tutto il paesaggio all'intorno.

La differenziazione delle quattro falde coglie in qualche modo lo stato di fatto dell'articolazione planimetrica dell'edificio (il peristilio, la pastas, le stanze settentrionali) e ne favorisce la lettura senza chiudere lo spazio, agevola il rapporto del visitatore con la dimensione fisica degli ambienti e mantiene un costante contatto visivo con la suggestione dell'esterno, ossia con un paesaggio di particolare bellezza.

Chi entra nell'edificio viene guidato nel percorso da una passerella che percorre tutta la pastas; da questa si affaccia alle stanze più interne, dalle quali rimane separato da cancelli. Dissuasori posti sia all'ingresso sia all'uscita e staccionate lungo i due lati contigui del peristilio ostacolano l'accesso di animali.

Riferimenti bibliografici

La seconda campagna di scavo nella "Casa dei Mosaici", Bollettino della Associazione lasos di Caria, 4/98, pp.11-13.

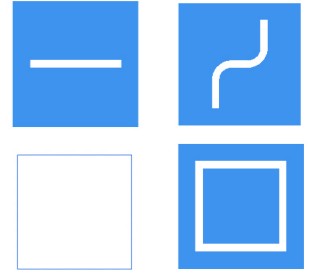
F. Berti, *I mosaici di lasos*, Atti del III Colloquio internazionale sul mosaico antico, Ravenna 1983, pp. 235-246.

D. Levi, *lasos. Le campagne di scavo 1969-70*, Annuario della Scuola Archeologica di Atene, XLVII-XLVIII, n.s.XXXI-XXXII (1969-1970), 1972, pp.522-525.

M. Manara, *Interventi di valorizzazione e salvaguardia dell'area monumentale di lasos*, in "lasos di Caria. Un contributo ferrarese alla archeologia microasiatica. Progetti e lavori di restauro", Accademia delle scienze di Ferrara, Ferrara 1995, pp.187-194.

M. Ricci, *Il restauro degli affreschi della "Casa dei Mosaici"*, in "lasos di Caria. Un contributo ferrarese alla archeologia microasiatica. Progetti e lavori di restauro", Accademia delle Scienze di Ferrara, Ferrara 1995, pp. 197-203.

Copertura della Galleria Lapidaria, Ostia antica



Localizzazione	Via Tecta (Galleria Lapidaria), Regio I, Ostia antica, Roma
Datazione del manufatto archeologico	Il sec. d.C.
Data dell'intervento	1997-1999
Dati dimensionale	100 mq c.a.
Autore dell'intervento	-
Committente	Soprintendenza per i Beni Archeologici di Ostia

Abstract

Il progetto riguarda un tratto viario parallelo al Cardo Massimo nel sito archeologico di Ostia antica e di tre piccoli tratti viari ad essa perpendicolari. Nella via Tecta sono raccolte e inventariate le lapidi e cippi votivi riguardanti la vita nell'antica Ostia. A seguito dell'intervento di copertura della via tramite una soluzione "a tunnel", la via ha preso il nome di galleria lapidaria.

L'intervento, della fine degli anni '90, nasce con l'intento di proteggere i resti lapidei qui raccolti, dando anche una funzione di museo all'aperto a questi reperti, inventariati in loco.

La soluzione, semplice nelle linee e nei materiali, è costituita da una sottile e leggera struttura in acciaio, curvilinea al fine di reggere i pan-

nelli in policarbonato trasparente curvilinei che costituiscono il manto di copertura. Due scossaline laterali, una per parte, sono montate sulle murature che delimitano il tratto viario, e che, oltre a fungere da grondaia dalla quale scendono i pluviali per la raccolta delle acque meteoriche, regge gli elementi curvilinei in acciaio sui quali sono montati i pannelli trasparenti.

Il contesto di intervento

Alla sinistra del Cardo Massimo, si estendeva parallela una piccola via, detta via *Tecta*, nella Regio I, dove furono raccolte e inventariate tutte le lapidi e cippi votivi riguardanti la vita degli antichi ostiensi. Le lapidi sepolcrali, qui conservate, danno il nome alla galleria stessa, diventata tale grazie ad una copertura innalzata direttamente sul tratto di strada descritto.

Nel XVIII sec. l'interesse che suscitavano gli oggetti antichi condannarono Ostia ad una indiscriminata spogliazione terminata solo nel 1801, quando Papa Pio VII promosse l'inizio di scavi sistematici nella zona. Nel 1909 con Dante Vaglieri iniziò lo scavo scientifico e il restauro a carattere conservativo che si susseguirono fino al 1938, anno in cui ci si prefisse l'obiettivo di ricongiungere tutte le zone scavate della città. La parte scoperta oggi raggiunge il livello stradale che aveva al principio del II sec. d.C. Alcune zone sono tuttora interessate da operazioni di rinvenimento e restauro.

Percezione dall'esterno dei due tunnel paralleli di copertura che proteggono due vie dell'antico tessuto di Ostia



Valutazione dei requisiti prestazionali

Oltre alla funzione protettiva del tratto viario e, soprattutto, dei reperti lapidei qui conservati e inventariati in situ, l'esigenza di base dell'intervento era quella di poter musealizzare tali reperti senza collocarli in un ambiente estraneo alla loro originaria localizzazione. La struttura di copertura doveva soddisfare requisiti di leggerezza, semplicità e rapidità di montaggio, flessibilità e adattabilità al sito, creando un ambiente coperto ma esterno, che definisse il percorso di visita di quest'area del sito archeologico, aperta ai turisti.

Il progetto di intervento

Quattro brevi tratti viari sono l'oggetto dell'intervento di copertura nella Regio I del sito archeologico di Ostia antica. Il progetto è stato realizzato tenendo conto delle esigenze che il sito richiedeva, in particolare legate alla conservazione dei materiali antichi esposti agli agenti atmosferici e alla creazione di un percorso di visita dei reperti musealizzati in situ.

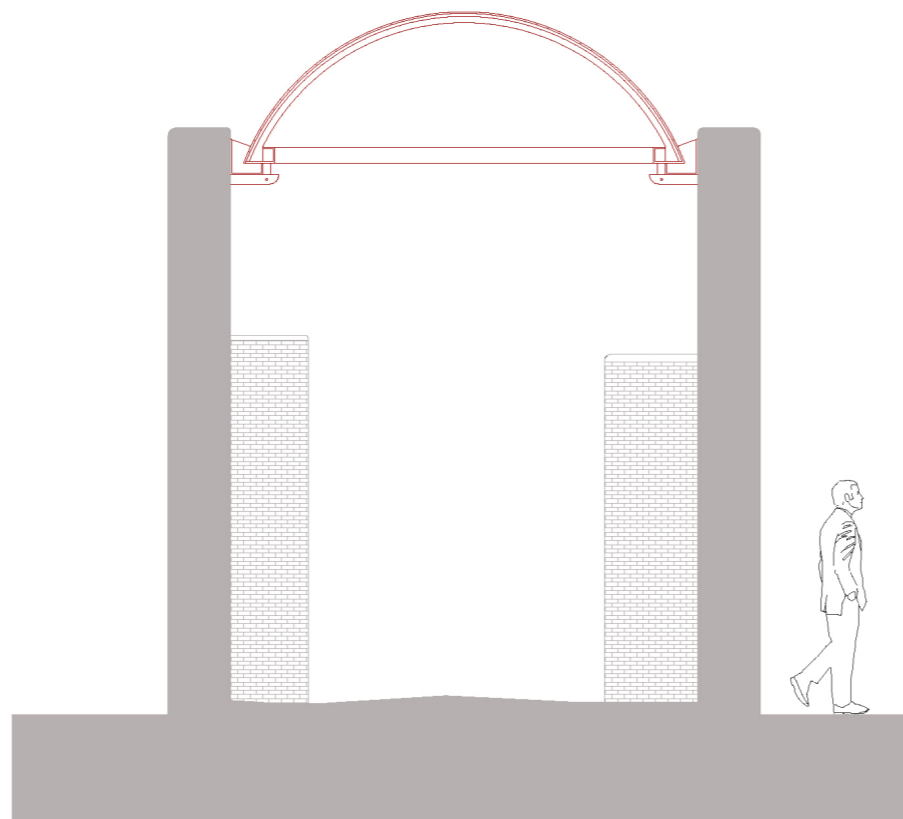
La struttura in acciaio, esile e leggera, non richiede alcun tipo di fondazione poiché la chiusura verticale si regge sulle due scossaline, anch'esse in acciaio, montate lateralmente sulle murature, in corrispondenza di uno strato di sacrificio. Una cancellata metallica grigliata in sommità e montata alle estremità delle gallerie, riduce il rischio di intrusione e di atti vandalici, proteggendo i resti lapidei da questi possibili degradi di natura antropica.

La sommità è costituita da pannelli in policarbonato in forma di lastre compatte, curvilinee e trasparenti.

Vista esterna laterale del tunnel trasparente in policarbonato



Schema di sezione trasversale della struttura a "tunnel" trasparente, sorretta da due scossaline montate su porzioni di muratura di sacrificio sulla sommità dei resti delle antiche murature



Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria	Corpo singolo di volumetria regolare e pianta semplice seriale

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Assente
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Struttura di elevazione verticale originale - il sistema di copertura poggia sulle strutture murarie esistenti: una scossalina in acciaio funge da grondaia e regge il telaio ad arco in acciaio sul quale sono montati i pannelli della chiusura orizzontale
Chiusura verticale	Originale - le chiusure verticali laterali sono costituite dalle murature esistenti che delimitano la via <i>Tecta</i>
Chiusura superiore	Manto in lastre compatte curvilinee trasparenti in polycarbonato



Vista complessiva dei quattro tunnel collocati in punti diversi del sito archeologico di Ostia antica

Sintesi critica e conclusioni

Il progetto di copertura nasce come struttura permanente, finalizzata alla protezione e alla musealizzazione in situ dei reperti lapidei scavati nella Regio I di Ostia antica. È una struttura semplice e seriale, caratterizzata da leggerezza, rapidità di montaggio e serialità dei componenti. Non richiede alcun tipo di fondazione, appoggiandosi alle strutture murarie preesistenti mediante travi orizzontali in acciaio montate su parti di sacrificio delle suddette murature.

Il sistema garantisce protezione dagli agenti atmosferici e un parziale controllo microclimatico. È inoltre completamente reversibile e di agevole manutenzione.

La trasparenza del manto di copertura è parzialmente inficiata dal telaio curvilineo in acciaio, montato con un passo piuttosto fitto, considerando la proprietà di leggerezza del polycarbonato. Probabilmente sono state scelte lastre di ridotta larghezza per ridurre i costi dell'intervento, avendo di conseguenza necessità di avvicinare la distanza degli elementi del telaio che servono al fissaggio delle lastre stesse.

Dalle fonti è stato possibile sincerarsi che il materiale plastico utilizzato per la copertura è polycarbonato, ma non sono disponibili le caratteri-

stiche tecniche delle lastre trasparenti in polycarbonato. La scelta progettuale morfologica è ricaduta su una soluzione contemporanea, che crea nuovi volumi (originariamente non esistenti) e rispondendo quindi all'esigenza di distinguibilità del nuovo intervento. Complessivamente l'impatto visivo-percettivo delle coperture è forte e l'invasività piuttosto elevata.

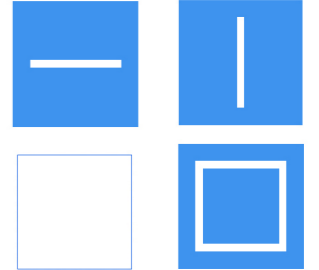
Riferimenti bibliografici

V. Mannucci, P. Verduchi, *Il parco archeologico e naturalistico di Porto: cenni metodologici*, in "Archeologia laziale", 11, pp. 155-158.

P. Verduchi, *Il patrocinio archeologico monumentale di Porto: osservazioni preliminari sulle strutture architettoniche*, in "il Porto imperiale di Roma: le vicende storiche", 1996, Roma, pp. 55-60



Copertura dell'Orto dei Fuggiaschi, Pompei



Localizzazione

Regio I, Insula XXII; versante settentrionale dell'Insula; ambiente con calchi di un gruppo di fuggiaschi, sito archeologico di Pompei, Area Nuovi Scavi

Datazione del manufatto archeologico

I sec. d.C.

Data dell'intervento

1998-2000

Dati dimensionale

90 mq ca.

Gruppo di progettazione

Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica

Consorzio CORARC, presidente: ing. Maurizio Vavassori

vice presidente: ing. Pietro Andreotti

delegato attività contrattuali: ing. Antonio Pedicini.

Alle attività di progettazione, di realizzazione e di montaggio, hanno collaborato

con il Consorzio CORARC: Studio Cattivelli - Bagnolo (RE)

CST Centro Sviluppo Tecnologie - Foglianise (BN), La Metallurgica 2000, Palermo.

Alle attività del gruppo di lavoro consortile hanno partecipato: ing. Pietro Andreotti,

geom. Renato Beccia, ing. Fausto Cattivelli, arch. Cesare Etori,

ing. Maria Rosaria Motolese, dott. Umberto Menicali, ing. Antonio Pedicini,

dott.ssa Tiziana Rocco, arch. Ottavio Voza.

Aziende consorziate: ISMES s.p.a., Seriate (BG),

MUCAFER s.c.r.l., Manfredonia (FG).

Coordinamento: ICIE Istituto Cooperativo per l'Innovazione s.c.r.l., Roma

CREA s.a.s., Palestrina (Roma).

Soprintendenza di Pompei: Responsabile scientifico:

prof. Pietro Giovanni Guzzo

Soprintendenza Archeologica di Pompei

Committente

Abstract

Il Sistema sperimentale a struttura leggera progettato e realizzato dal Consorzio CORARC nell'ambito del MURST quale attività di ricerca e sperimentazione all'interno dei Programmi Nazionali di Ricerca, è finalizzato all'ottimizzazione della protezione e della fruizione delle aree e dei reperti archeologici da parte degli utenti, anche disabili.

Il Sottotema 2 "Progettazione e realizzazione, a livello di prototipo, di un sistema innovativo di componenti per la costruzione nelle zone archeologiche di strutture leggere per la protezione e la fruizione dei reperti e dei servizi logistici per gli utenti anche disabili" afferente il Tema 3 "Metodologie e tecnologie per la gestione delle zone archeologiche" del Programma Nazionale di Ricerca sulle Tecnologie per la costruzione e la salvaguardia delle strutture edilizie" ha avuto come risultato il prototipo sperimentale realizzato nel sito di Pompei di un Sistema a struttura leggera per la protezione e per la fruizione delle aree archeologiche.

La copertura del cosiddetto "Orto dei Fuggiaschi" nella zona del sito archeologico di Pompei denominata Nuovi Scavi nasce quindi come prototipo, risultato delle attività di ricerca per la protezione e fruizione dei siti archeologici. Questa non è univoca ma è personalizzabile in funzione delle esigenze specifiche del sito e delle conseguenti prestazioni richieste, diventando "la soluzione progettuale specifica per il sito". Il prototipo realizzato e montato a Pompei è un esempio sperimentale di adattabilità del "Sistema base", a protezione di calchi di un gruppo di fuggiaschi, lasciati dalla Soprintendenza di Pompei nella posizione originaria di ritrovamento, quale soluzione di "musealizzazione" dei reperti in sito; la struttura è realizzata con travi, pilastri e tiranti in alluminio e acciaio inox e copertura ad una falda in lastre di vetro

Vista della struttura provvisoria di copertura che proteggeva i resti dell'Orto dei fuggiaschi prima del montaggio del prototipo di copertura trasparente



strutturale sigillate tra loro. I calchi del gruppo di fuggiaschi ritrovati e lasciati in sito si trovano su uno strato di lapillo la cui altezza è di circa 1,80 m, quindi non sono perfettamente visibili dal piano di calpestio; per questo motivo è stata progettata e realizzata una passerella che consente ai visitatori di avere una visione dell'alto dei reperti.

La configurazione precedente alla realizzazione della copertura trasparente consisteva in una copertura provvisoria, realizzata per proteggere le operazioni di scavo iniziate nel 1998, in tubolari, tavelloni di legno e fogli di plastica.



Vista esterna del prototipo di copertura trasparente per l'Orto dei fuggiaschi con struttura in acciaio e alluminio e vetro strutturale

Il contesto di intervento

A Pompei, nell'area detta Nuovi Scavi, Regio I, Insula XXII (area della casa detta di *Stadianus*), nel versante settentrionale dell'*Insula* gli scavi hanno avuto inizio dopo il rinvenimento, nel luglio 1989, al di sotto del terreno di riporto dei lavori degli anni '50, di un banco compatto di cenerite in cui è stato rinvenuto uno scheletro. Con la prosecuzione delle indagini stratigrafiche, oltre alla messa in luce delle strutture archeologiche, sono stati eseguiti i calchi dei dieci scheletri individuati dalle cavità lasciate nella cenere e nel lapillo. L'*Insula* era destinata alla edilizia privata, all'interno di un contesto urbanistico caratterizzato da *Insulae* con analoga funzione.

L'ambiente è di 10,5 x 8,10 m, in antico coperto probabilmente da un sistema leggero (forse un *velarium*) e aperto al centro, su una strada est-ovest. Il rinvenimento di grandi contenitori (*dolia*) fa ritenere l'ambiente una cella binaria o comunque di destinazione riservata alla la-

vorazione del vino. All'interno della struttura sono state individuate le cavità lasciate nel lapillo da dieci scheletri di individui, fra cui due bambini, che cercavano la fuga durante l'eruzione del Vesuvio del 79 d.C. che seppellì la città di Pompei.
Il cantiere di scavo e di restauro rientra nell'esecuzione di progetti previsti dal finanziamento FIO 1989 (Fondo Investimenti e Occupazione).



Dettaglio della chiusura orizzontale a protezione dei resti scavati. La copertura è a una falda con lastre di vetro strutturale sigillate tra loro

Valutazione dei requisiti prestazionali

Le esigenze che questo prototipo, nato nella fattispecie per il sito archeologico di Pompei, sono di diversa natura e in particolare riguardano:

- modularità, adattabilità e flessibilità;
- attrezzabilità, versatilità e reversibilità;
- minimo impatto visivo e percettivo e non interferenza con i resti archeologici, e in questo senso la scelta è ricaduta sulla trasparenza dei componenti;
- accessibilità totale;
- controllo del sistema di fondazione, preferenzialmente diretto e superficiale, al fine di non compromettere il suolo archeologico;

- protezione dagli agenti atmosferici (protezione da acqua piovana, grandine e neve mediante componenti ed elementi strutturali a tenuta all'acqua: le lastre vetrate che costituiscono la copertura, la chiusura verticale e la partizione interna sono sigillate con mastici a tenuta);
- protezione da irraggiamento diretto degli ultravioletti (le lastre di vetro della copertura sono assemblate con una resina che agisce da filtro impedendo la degradazione dei calchi).

Il progetto di intervento

La struttura è composta da travi, pilastri, tiranti e plinti in alluminio ed acciaio inox. Il Sistema è realizzato dai componenti della Macrostruttura (travi, pilastri, tiranti e plinti), assemblati in opera con bullonature a scomparsa (con poche parti saldate in stabilimento) e dai componenti della Microstruttura (copertura, chiusure verticali e partizioni interne, passerella per l'accesso dei visitatori).

La struttura è appoggiata al suolo mediante plinti zavorrati: i plinti sono interrati da un lato - dove non interferiscono coi reperti archeologici - ed appoggiati su una soletta in cls dall'altro lato.

La copertura è ad una falda realizzata con lastre di vetro strutturale sigillate tra loro.

La passerella, in alluminio, consente ai visitatori la vista dall'alto dei calchi, ed è posta tra una chiusura verticale esterna ed una partizione interna, entrambe in vetro strutturale, per la sicurezza dei visitatori e dei reperti a vista (protezione da eventuali azioni vandaliche).

La scelta dell'utilizzo sia di un materiale leggero quale la lega di alluminio ad alta resistenza, sia di profili cavi estrusi per le aste dei pilastri e travi ha contribuito al contenimento del peso del Sistema e dei suoi componenti. Le membrature sono state realizzate come tralicci reticolari, con cavi e connessioni inox ove i momenti flettenti sono risultati particolarmente importanti.

Le tamponature utilizzate al fine della massima trasparenza sono del tipo a vetro float stratificato, con fissaggi puntuali multipli, realizzanti con vincoli ad incastro tali da permettere sbalzi senza uso di sostegni ulteriori.

Il peso risultante della copertura inclinata è di 50 daN/m² per i tamponamenti stratificati, e di 15 daN/m² per le strutture nelle campiture standard.

I tamponamenti verticali hanno un peso di 25 daN/m² e i pilastri di 30 daN/m².

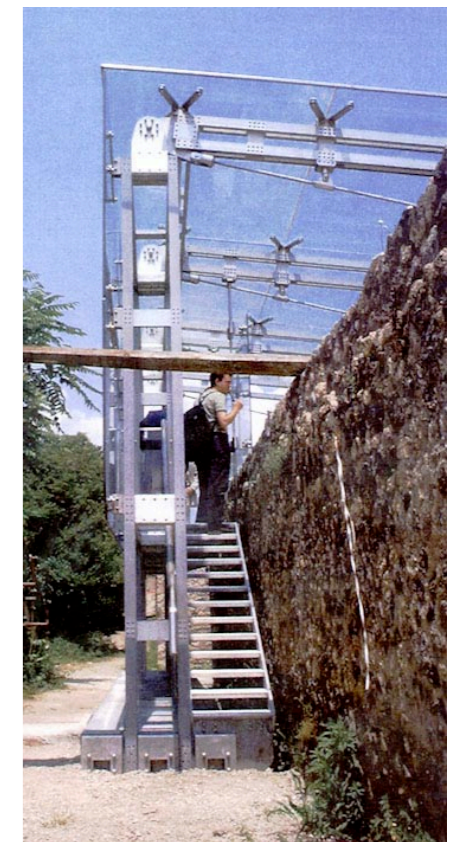
La passerella e la scala completamente in alluminio estruso di massima larghezza di 70 cm ha peso di 25 daN/m².

La fondazione risulta zavorrata in relazione alle forze sismiche e al vento previste dal regolamento.

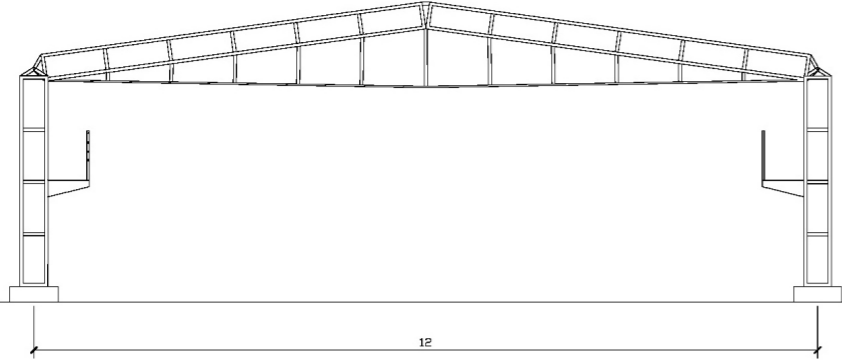
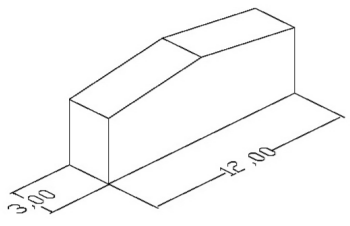
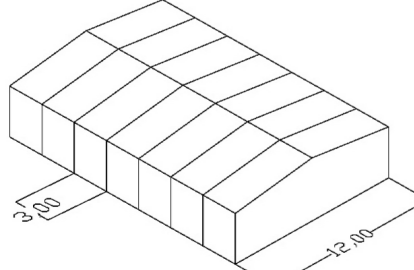
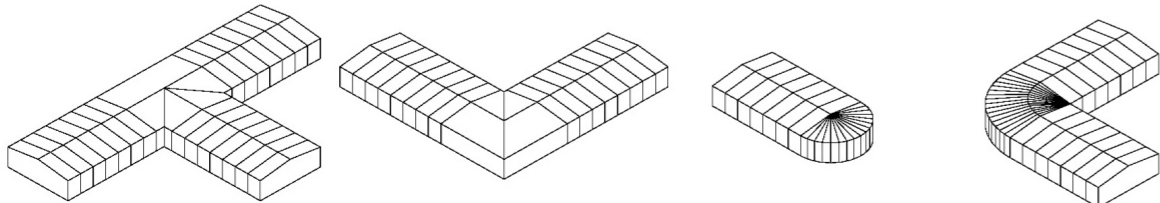
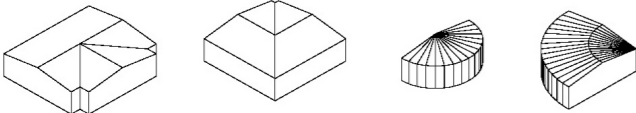
I calchi del gruppo di fuggiaschi ritrovati e lasciati in sito si trovano su uno strato di lapillo la cui altezza è di circa 1,80 m, quindi non sono



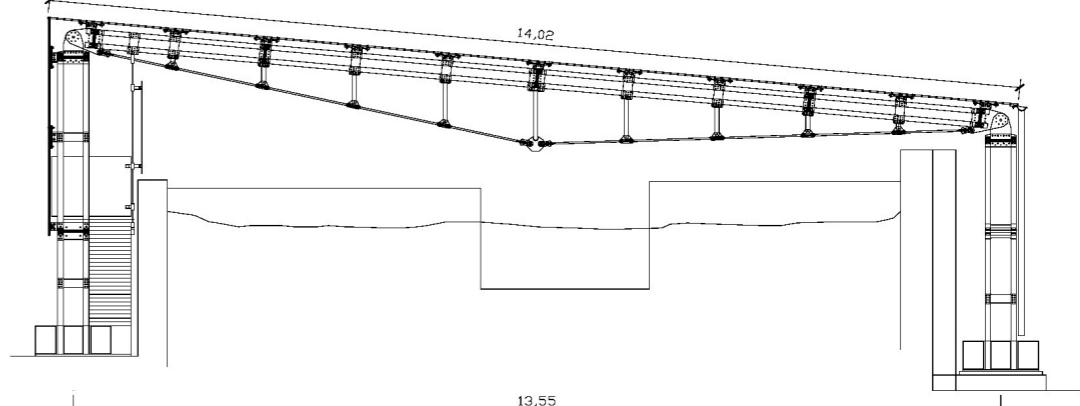
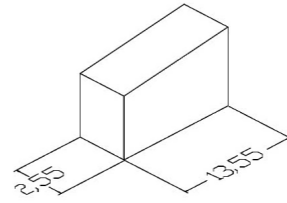
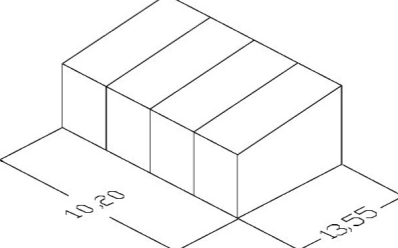
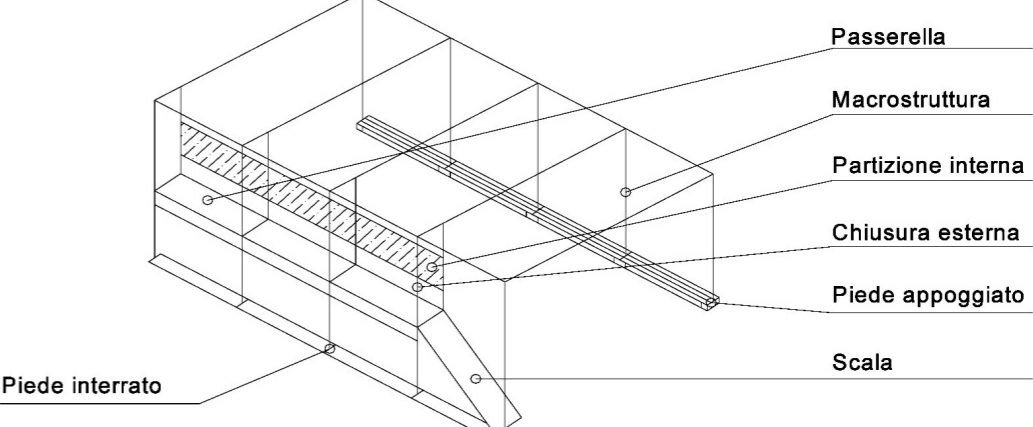
Sopra, dettaglio della chiusura superiore trasparente; sotto, la scala che consente di vedere i resti dall'alto



perfettamente visibili dal piano di calpestio; per questo motivo è stata progettata e realizzata una passerella che consente ai visitatori di avere una visione dell'alto dei reperti; tra la passerella ed i reperti è stata posta una lastra di vetro a protezione dei reperti e per la sicurezza dei visitatori stessi; analoga funzione di parapetto ha la lastra posta a chiusura esterna verticale, dall'altro lato della passerella.

Configurazione strutturale di base		
Dimensioni generali del modulo base		<p>Il Sistema Base ha una struttura portante costituita da una serie di portali (pilastri + capriate) posti tra loro in opera con un interasse di 3 metri.</p> <p>Ogni portale ha un intrasse tra i pilastri di 12 metri, mentre le capriate hanno una pendenza del 14 %.</p>
Configurazione base (minima)		<p>La configurazione minima prevista è di 7 portali, uniti tra loro mediante una serie di travi di controventamento. La luce libera massima sottotrave risulta essere di 3,5 metri</p>
Esempi di configurazioni spaziali ottenibili		
Moduli strutturali speciali		<p>Il Sistema Base può essere ampliato utilizzando altri moduli base, o può cambiare forma con l'utilizzo di moduli strutturali speciali, che realizzano elementi di raccordo o di testata.</p>

Nella pagina a fianco, "codice di pratica" elaborato dal Consorzio CORARC per i prototipi di coperture flessibili per le esigenze dei siti archeologici; in questa pagina, il sistema progettato per l'area dell'Orto dei fuggiaschi a Pompei. configurazione strutturale, dimensioni dei moduli adottata e schema di assemblaggio

Configurazione strutturale		
Dimensioni generali del modulo base		<p>Il Sistema Prototipo ha richiesto una personalizzazione del sistema Base, per adattarsi alle condizioni morfologiche del Sito. Il Modulo base ha una luce allargata a 13,55 metri, mentre l'interasse tra le capriate è stato portato a 2,55 metri.</p>
Configurazione adottata		<p>La configurazione adottata per il Sito di Pompei è di 4 portali, uniti tra loro mediante una serie di travi di controventamento. La luce libera massima sottotrave è stata portata a 4,9 metri, per consentire la visione diretta dei calchi e superare i dislivelli presenti.</p>
Schema di assemblaggio		

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Prototipo sperimentale, permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo, volume regolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Struttura appoggiata al suolo mediante plinti zavorrati: i plinti sono interrati da un lato - dove non interferiscono coi reperti archeologici - ed appoggiati su una soletta in cls dall'altro lato
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Struttura portante costituita da travi, pilastri e tiranti in acciaio inox e alluminio
Chiusura verticale	Una chiusura verticale esterna in vetro float stratificato
Chiusura superiore	La copertura è ad una falda realizzata con lastre di vetro strutturale sigillate tra loro

Vista all'interno del prototipo di copertura trasparente posta in opera nel sito, attraverso la chiusura verticale



Sintesi critica e conclusioni

La copertura è costituita da lastre in vetro strutturale sigillate a tenuta, che consentono il defluire lungo la superficie stessa delle acque meteoriche, con una canalizzazione di sezione minima che convoglia le acque verso punti specifici definiti idonei per il deflusso a terra, secondo quanto indicato dalla Soprintendenza. La copertura adottata, completamente trasparente, è stata progettata per ottenere il minimo impatto dell'intera struttura sul sito; al fine di preservare i reperti, le lastre di vetro sono dotate di speciali resine che oltre a permettere la completa sicurezza per il trattenimento dei frammenti in caso di rottura accidentale, hanno funzione anche di filtro ai raggi UV. La struttura è stata assemblata in opera; in stabilimento sono state montate tra loro alcune parti dei componenti che così pre-assemblate sono state trasportate facilmente, essendo contenute nel peso massimo di 120 kg; per le lastre in vetro, di peso maggiore, sono stati utilizzati mezzi di movimentazione che non hanno interferito con la struttura ed i reperti del sito stesso.

Il sistema strutturale, di cui la copertura dell'Orto del Fuggiaschi è un prototipo, nasce con caratteristiche di flessibilità in termini di:

- modularità come criterio di aggregazione di base: il modulo base del Sistema, quale interasse dei pilastri, è stato progettato di circa 3 m, multiplo del modulo antico medio di circa 30 cm (misura media del piede); questa scelta è stata fatta per avere maggiore possibilità di adattamento del Sistema a coprire ambienti antichi. I moduli possono;
- adattabilità in relazione alle esigenze dei siti, sia in orizzontale per dimensione e posizione delle basi di appoggio sul piano del sito, sia in verticale attraverso la flessibilità dell'altezza della pilastratura;
- non invasività rispetto ai reperti archeologici da proteggere: la struttura è appoggiata ed autoequilibrante, scaricando solo pesi verticali;
- attrezzabilità mediante componenti variamente predisposti, sia per l'inserimento di passerelle per il passaggio dei visitatori, e di chiusure verticali o partizioni interne, sia per l'alloggiamento di sistemi impiantistici;
- versatilità, per essere rimosso del tutto, ridotto in dimensioni, oppure ampliato con altri singoli componenti o con altri moduli base.

I requisiti di sicurezza sono previsti per i luoghi frequentati dal pubblico (sicurezza anticaduta mediante parapetti vetrati stratificati a norma, sicurezza per carichi statici e dinamici, carichi vento, carichi neve, carichi sismici, carichi permanenti; è stato introdotto un coefficiente di sicurezza aggiuntivo alle norme di 1,5 per il calcolo delle zavorre, per impedire spostamenti impropri delle fondazioni non invasive (la zona di Pompei ha grado di sismicità = 9); sicurezza agli urti accidentali. Il Sistema è corredato da un Codice di Pratica, messo a punto dalla ricerca svolta, contenente indicazioni sulle operazioni di messa in opera, sulle normative di riferimento e sull'uso e manutenzione del Sistema stesso nel tempo. Il sistema è inoltre reversibile e removibile.

Essendo caratterizzato dall'uso del vetro trasparente per tutti componenti di chiusura (dalla copertura, alle chiusure verticali e partizioni interne), il Sistema non altera il contributo della luce solare sul sito e sui reperti rinvenuti.

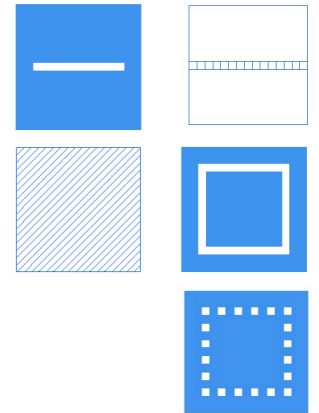
La copertura, progettata anche per contribuire alla valorizzare la "musealizzazione" dell'area non appena questa sarà fruibile (al momento non è aperta al pubblico) in realtà rappresenta un improprio della "tecnologia" della trasparenza delle strutture architettoniche, lontano dalla valorizzazione e della fruizione.

Riferimenti bibliografici

S. C. Nappo, *Il rinvenimento delle vittime dell'eruzione del '79 d.C., nella Regio I, Insula XXII* (Rivista Hyria, 1992).

E. De Carolis, A. Ciarallo, *Rinvenimenti di corpi umani nell'area interna di Pompei*, in "Rivista di Studi Pompeiani" 1999.

Coperture dell'Insula del Centenario, Pompei



Localizzazione
Datazione del manufatto archeologico
Data dell'intervento
Dati dimensionale
Gruppo di progettazione

Insula del Centenario, Regio IX, Insula 8, sito archeologico di Pompei

I sec. d.C.
 1997-2001

Soprintendenza archeologica di Pompei

Soprintendente: prof. Pietro Giovanni Guzzo
 Direttore degli Scavi: dott. Antonio d'Ambrosio
 Ufficio Tecnico: arch. Ennio Gallo, ing. Enrico Visciano
Università di Bologna - Dipartimento di Archeologia
 Responsabile Scientifico: prof.ssa Daniela Scagliarini Corlàita
 Responsabile Scientifico Operativo: prof.ssa Sara Santoro Bianchi (Università di Parma)
 Segreteria Scientifica e Coordinamento: dott.ssa Antonella Coralini
 Università di Ferrara – Dipartimento di Architettura
 Responsabile del progetto generale di rilevamento, coordinamento delle indagini preliminari agli interventi conservativi e al progetto di restauro: prof. arch. Nicola Santopuoli

Realizzazione degli interventi sperimentali

Progettazione: ing. Alberto Custodi (Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna)

Consulenza: ing. Corrado Santarelli – Makroform S.p.A.

Fornitura materiali: Makroform S.p.A.

Montaggio: Poliplast S.r.l

Soprintendenza Archeologica di Pompei

Committente

Abstract

Il progetto "Pompei – Insula del Centenario (IX 8)" è il frutto di una convenzione tra la Soprintendenza Archeologica di Pompei e l'Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Archeologia, firmato nel 1999, per lo studio, lo scavo e la valorizzazione dell'insula del Centenario, attualmente chiusa ai visitatori. Nell'ambito del Progetto è stata successivamente firmata una convenzione tra la Soprintendenza Archeologica di Pompei e la Carbolux S.p.A., società del gruppo Bayer che

Schema planimetrico dell'Insula del Centenario con la numerazione dei singoli vani; in rosso è indicata la localizzazione della copertura sperimentale ad angolo nell'atrio principale, in verde la tettoia di copertura del larario a protezione di un lacerto di pittura murale



ha poi assunto il nome Makroform S.p.A., concezione avente come obiettivo studio, sperimentazioni ed interventi finalizzati al restauro e alla conservazione delle pitture murali e alla protezione dei resti archeologici mediante strutture di copertura.

In accordo tra Soprintendenza, équipe scientifica del Progetto, società Makroform e il progettista degli interventi sono stati individuati i seguenti ambiti di intervento sperimentale:

- 1 - ricostruzione di un angolo del tetto compluvato dell'atrio principale (11) della domus, in lastre alveolari scure a suggerire l'effetto del tetto originario;
- 2 - protezione, mediante nuova tettoia in lastre alveolari scure, del larario nell'angolo sud-est del vano 51, che conserva tracce di pittura e sarà completato col ricollocamento in situ della riproduzione dell'affresco "Bacco e il Vesuvio";
- 3 - tamponamento dell'ingresso e delle parti superiori della parete ovest del vano 67, attualmente adibito a laboratorio degli scavi, mediante lastre alveolari trasparenti;
- 4 - tamponamento di una finestra grande (vano affrescato 44) e di una finestra piccola (vano affrescato 15) in lastre compatte semitrasparenti scure il primo e con lastra compatta trasparente il secondo;
- 5 - protezione di un affresco nel vano 44 con una piccola lastra complanare compatta trasparente fissata sfruttando precedenti fori, realizzati da Altri, nell'intonaco;
- 6 - protezione diretta di resti deteriorati di affresco nell'atrio principale 11, mediante lastra complanare compatta trasparente, curvata superiormente per il deflusso della pioggia;
- 7 - protezione diretta delle iscrizioni graffite nel vano 53, con lo stesso sistema del punto 6;
- 8 - protezione diretta dei resti delle iscrizioni sui muri prospettanti su via di Nola, con lo stesso sistema del punto 6.

Il contesto di intervento

L'insula del Centenario fu disseppellita negli anni 1879-1880, nell'occasione del 18° centenario del seppellimento di Pompei, nel periodo in cui Direttore degli Scavi era l'architetto Michele Ruggiero. La Casa del Centenario divenne subito celebre per il rinvenimento, nel larario, del dipinto con Bacco ed il Vesuvio, successivamente asportato e ora conservato al Museo Archeologico Nazionale di Napoli. L'insula, affacciata su via di Nola, è composta da una grande domus e da alcune abitazioni minori e verso sud presenta ancora una parte non scavata. La domus è una grande casa a due atri, con un grande peristilio, con vasca centrale, col lato settentrionale a doppio porticato, ed è caratterizzata da un ninfeo dipinto, con fontana mosaicata e criptoportico, in asse con l'ingresso principale. Vi è poi la presenza di alcuni, rari vani seminterrati, con un forno ottimamente conservato, e di un quartiere termale privato con copertura originale, ed infine di un appartamento

privato. Pochi ambienti conservano la copertura originale, altri furono successivamente coperti con solai in putrelle di ferro e voltine o laterizio armato ovvero con semplici tettoie in eternit sorrette da telai in ferro; tutti versano in condizioni di forte degrado.



Vista dall'esterno della copertura ad angolo realizzata nell'atrio principale della Casa del Centenario

Valutazione dei requisiti prestazionali

Il sito archeologico di Pompei presenta un quadro esigenziale assolutamente variegato e complesso, impossibile da esaurire, se pur in una sintesi, in questa sede. Le problematiche del sito archeologico riguardano le parti scavate ed aperte alla visita turistica, così come le zone non aperte al pubblico, e riguardano sia le morfologie di degrado, strutturali e superficiali, dovute al naturale invecchiamento della materia per il trascorrere del tempo, che problematiche dovute ad interventi di restauro precedenti: il sito si configura infatti come "raccolgitore" dei metodi di intervento che la teoria del restauro ha disciplinato nel corso dei secoli, includendo le applicazioni dell'evoluzione tecnologica applicata al restauro, dall'uso dei materiali "tradizionali" fino alle attuali sperimentazioni, che sono state, in questi ultimi anni, particolarmente intense ma non prive di difficoltà e polemiche, dovute sia alla straordinarietà del sito archeologico che alla pressione e alle esigenze di una

grande utenza e alle frequenti emergenze di una situazione ambientale di grande complessità.

Nel caso dell'insula del Centenario è stato possibile, grazie alla convenzione di studi, ricerche e sperimentazioni sopra citato, affrontare la protezione delle superfici decorate verticali e di ambienti che necessitavano la presenza (o la sostituzione) di strutture di copertura. La protezione delle strutture archeologiche era pertanto richiesta sia per quanto riguarda l'architettura e le strutture murarie che l'apparato decorativo costituito da dipinti murali, ovvero per il patrimonio architettonico e pittorico, intrecciando il quadro delle esigenze da soddisfare e delle conseguenti prestazioni offerte dagli interventi in termini di fruizione da parte dei visitatori, corretta lettura e percezione del sito in termini di distinguibilità degli spazi originariamente aperti e di quelli originariamente chiusi, impatto archeologico (in termini di conservazione) e ambientale. I dispositivi progettati per la protezione dei dipinti parietali e per la protezione e schermature delle aperture dovevano possedere caratteristiche di trasparenza, leggerezza, rapidità di montaggio, efficienza nella protezione dagli agenti atmosferici, controllo microclimatico, flessibilità, reversibilità, garanzie di un'agevole manutenzione, fruibilità, relazione con le preesistenze.

Il progetto di intervento

L'attività complessiva di studio, ricerca e sperimentazione nell'insula del Centenario ha riguardato sia l'applicazione di strutture di copertura che il montaggio di lastre verticali a protezione di dipinti murali e la chiusura verticale di uno dei vani dell'insula. In particolare, per quanto riguarda il progetto di coperture a protezione dei manufatti archeologici sono state collocate: la copertura ad angolo dell'atrio principale della domus e la piccola copertura della zona del Larario.

La copertura dell'atrio principale

Nell'ipotesi di ricostituzione dell'intera copertura dell'atrio principale, ne è stato individuato un angolo, il primo a destra entrando nell'area 11: angolo ovest verso i vani 21 e 22, quale ambito di intervento sperimentale. La riproposizione della copertura di tale angolo è stata progettata e sperimentata allo scopo di valutare l'effetto visivo nell'eventualità della ricostruzione totale della copertura. Da tali motivazioni sono conseguite alcune indicazioni progettuali, poi tradotte in altrettante soluzioni esecutive.

Al carattere sperimentale è stato associato quello di **reversibilità** dell'intervento, e quindi di installazione provvisoria con l'obbligo di interferire il minimo possibile con le strutture presenti, non ponendo inoltre eccessivi ostacoli al transito nel settore dell'atrio interessato.

È stata così progettata una struttura autoportante, non gravante perciò sulle strutture murarie, semplicemente appoggiata sul pavimento esistente e con caratteristiche di leggerezza affidate alla scelta del

materiale: l'alluminio, con un peso specifico di circa un terzo di quello dell'acciaio, e la copertura in lastre alveolari di polycarbonato.

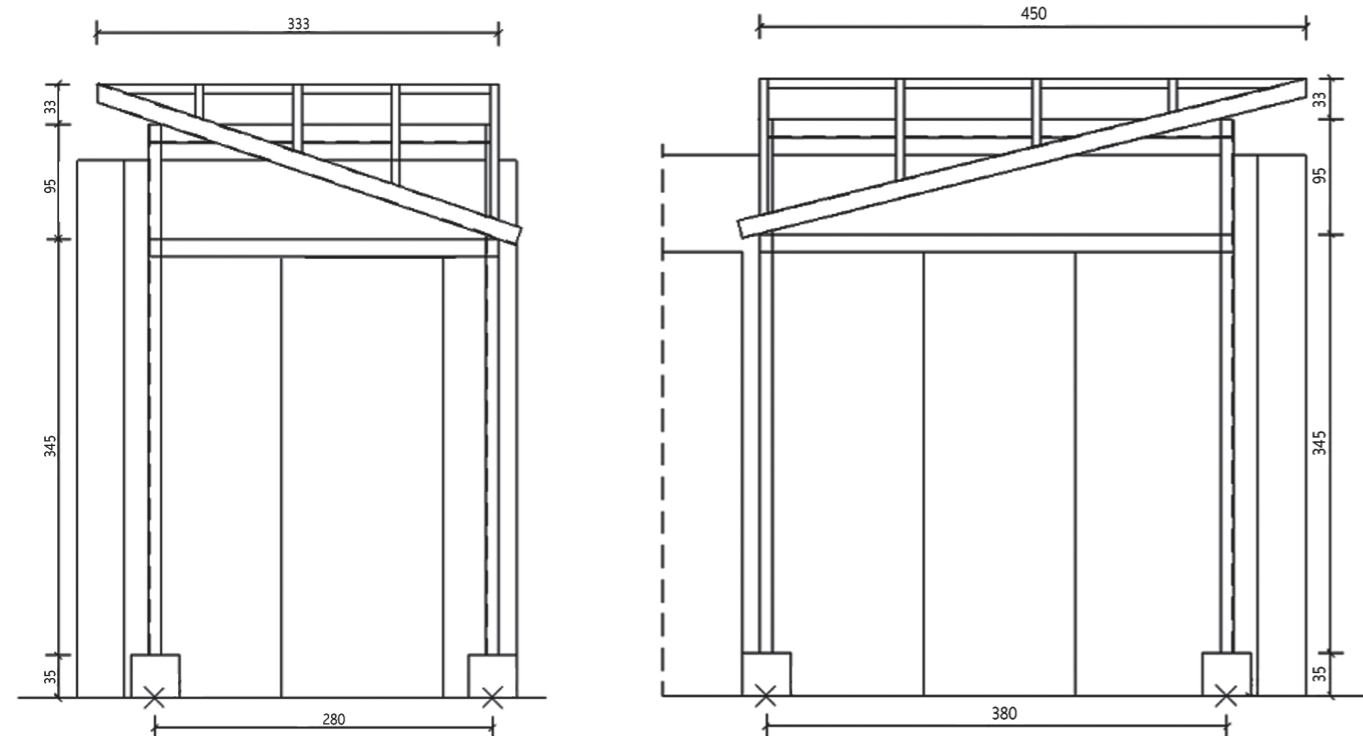
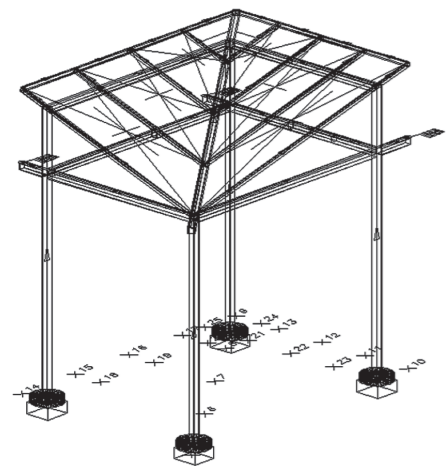
Ancora in relazione ai materiali, per quanto riguarda la durata e la manutenzione, si ha che la struttura in alluminio non ha problemi di durata e non necessita di manutenzione mentre le lastre alveolari di copertura sono **garantite 10 anni** contro l'azione dei **raggi UV** e la **rottura da grandine** e la pulizia è assicurata dalla pioggia; infine i **materiali** sono completamente **riciclabili**.

L'area coperta ha dimensioni, in asse ai montanti verticali, di 2,80 x 3,80 metri.

In elevazione si hanno quattro montanti scatolari con sezione quadrata (100x100x4 mm) poggianti su quattro plinti in calcestruzzo (con base di cm 40x40 e altezza minima di cm 35). I plinti pesano circa 600 daN, il resto della struttura, lastre di copertura comprese, pesa circa 400 daN. I plinti sono appoggiati sul pavimento e separati da esso con uno strato protettivo di gomma e fogli di polietilene; si è reso necessario portare a livello gli estradossi dei plinti con opportuni aumenti d'altezza. Alla quota di 380 cm i montanti sono collegati da un anello di travi scatolari con la stessa sezione dei montanti. I montanti a ridosso delle murature si innalzano ancora sino alla quota di 475 cm, dove sono collegati da due travi uguali alle precedenti parallele ai lati.

Le falde sono portate da una serie di travetti (scatolari 50x50x3 mm) che si appoggiano ad una trave inclinata centrale (con speciale forma a canale) e alle travi di bordo alte (alla quota 475 cm). La trave centrale ed i travetti si estendono verso le murature, così come, per parziale

Schema dei due prospetti della struttura di copertura collocata nell'atrio principale e modello tridimensionale di calcolo



protezione delle stesse, le lastre di copertura, raggiungendo una quota di 508 cm. La copertura è realizzata con lastre alveolari di polycarbonato collegate con centine in corrispondenza dei travetti.

Si è previsto un collegamento dell'anello di travi a quota 380 cm, in tre punti, in corrispondenza dei montanti, mediante tasselli, agli architravi in calcestruzzo armato delle aperture presenti nelle murature adiacenti. L'acqua piovana raccolta dalla nuova copertura sarà convogliata, dalla trave diagonale centrale, nell'impluvio al centro dell'atrio.

Le lastre di polycarbonato poste in opera sono delle lastre alveolari del tipo 16XP, di colore bronzo, con un peso di 2,5 Kg/m². Le lastre, nel proteggere dall'azione dell'acqua la porzione coperta, attenuano sensibilmente l'irraggiamento solare, filtrando la radiazione UV e fornendo un oscuramento del 79%. Le lastre sono disposte a compluvio, con gli alveoli paralleli alla linea di massima pendenza per ognuna delle due falde, e si estendono al disopra dei muri perimetrali a parziale copertura degli stessi. Le lastre della copertura hanno una superficie di circa 16,0 mq. Non sono presenti chiusure verticali.

Vista dall'interno della copertura realizzata nell'angolo dell'atrio principale della Casa del Centenario





La chiusura orizzontale della struttura di copertura angolare dell'atrio; sono visibili le lastre alveolari traslucide di polycarbonato

La copertura della zona del Larario

La zona interessata all'intervento è nell'area 51: l'angolo tra la muratura a sud, di separazione dal vano 56, e quella a est, di separazione dal peristilio (area 24). La copertura della zona del larario è stata realizzata in sostituzione di una preesistente, obsoleta copertura di cui è stata mantenuta la struttura di sostegno in ferro. La sostituzione rappresenta una tipica operazione di miglioramento strutturale in quanto, a parità di protezione, si ha una diminuzione del carico sulle strutture murarie esistenti. Le lastre alveolari poste in opera sono del tipo 16 XP, di colore bronzo, sono disposte con gli alveoli paralleli alla linea di pendenza e collegate, nella direzione degli alveoli, in corrispondenza degli appoggi centrali. La nuova tettoia ha una superficie di circa 5,2 mq.

La struttura di supporto esistente è stata ripulita, trattata con prodotti convertitori di ruggine e riverniciata in colore ferro opaco. La tettoia

preesistente risultava incassata nel muro verso est per circa 5 cm. La nuova tettoia è stata anch'essa incassata per la stessa profondità, provvedendo a sigillare il rimanente vano con idoneo materiale, compatibile con quello della lastra di polycarbonato. Le lastre sono state collegate, lungo i sostegni centrali, con dispositivi di congiunzione ad H (si veda documentazione tecnica Makroform) fissati con viti al sostegno in ferro. Le lastre utilizzate hanno larghezza di estrusione di 1220 mm per cui la prima lastra, quella incassata nel muro, è stata ritagliata a misura in opera. Le lastre, infine, sono state dotate di guarnizioni ad U lungo i bordi, previa sigillatura degli alveoli, prima della posa in opera, con nastro adesivo di alluminio.

Da ultimo si fa notare l'esistenza di un impianto per la scarica a terra di fulmini, costituito da una corda in rame, del diametro di 1 cm, collegata alla struttura portante in ferro della tettoia. Tale impianto è stato smontato, durante la posa in opera della nuova tettoia, e successivamente ripristinato effettuando il collegamento con bottoni carbofix.



Vista della copertura a tettoia della zona del larario, a protezione del sottostante dipinto murale



Vista della copertura della zona del larario; la tettoia è in lastre alveolari di policarbonato color bronzo

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

COPERTURA DELL'ATRIO PRINCIPALE

Tipologia Sperimentale provvisoria
Volumetria Corpo singolo di volumetria regolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione Plinti in c.a. fuori terra a sostegno di struttura autoportante poggiante al pavimento

Struttura di elevazione verticale e orizzontale Montanti scatolari in alluminio con sezione quadrata (100x100x4 mm) su quattro plinti in calcestruzzo (con base di cm 40x40 e altezza minima di cm 35); alla quota di 380 cm i montanti sono collegati da un anello di travi scatolari con la stessa sezione dei montanti. I montanti a ridosso delle mura ture si innalzano ancora sino alla quota di 475 cm, dove sono collegati da due travi uguali alle precedenti parallele ai lati. Le falde sono portate da una serie di travetti (scatolari 50x50x3 mm) che a loro volta si appoggiano ad una trave inclinata centrale (con speciale forma a canale) e alle travi di bordo alte (alla quota 475 cm). La trave centrale ed i travetti si estendono verso le murature, così come, per parziale protezione delle stesse, le lastre di copertura, raggiungendo quota 08 cm

Chiusura verticale Assente
Chiusura superiore Copertura realizzata con lastre alveolari di policarbonato color bronzo collegate con centine in corrispondenza dei travetti; sono disposte a compluvio,

con gli alveoli paralleli alla linea di massima pendenza per ognuna delle due falde, e si estendono al disopra dei muri perimetrali a parziale copertura degli stessi. Le lastre della copertura hanno una superficie di circa 16 mq

COPERTURA DELLA ZONA DEL LARARIO

Tipologia Permanente
Volumetria Originaria: protezione definita mediante i dispositivi tecnologici in lastra a tettoia orizzontale

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione -
Struttura di elevazione -
Chiusura verticale -
Chiusura superiore Superficie di circa 5,2 mq. Lastre alveolari colore bronzo, con alveoli paralleli alla linea di pendenza; collegate, nella direzione degli alveoli, in corrispondenza degli appoggi centrali. La struttura di supporto preesistente ripulita, trattata con prodotti convertitori di ruggine e riverniciata in colore ferro opaco; lastre collegate con dispositivi di congiunzione ad H fissati con viti al sostegno in ferro. Le lastre sono dotate di guarnizioni ad U lungo i bordi

Sintesi critica e conclusioni

La sperimentazione di strutture di copertura con le caratteristiche sopra descritte a protezione delle strutture e dell'apparato decorativo dell'insula del Centenario nel sito archeologico di Pompei, ha costituito un'efficace sperimentazione.

La scelta di materiali leggeri quali l'alluminio e il policarbonato ha consentito una maggiore facilità di trasporto, condizionato a Pompei dall'uso di mezzi piccoli, adatti alle antiche strade, e inoltre ha permesso una movimentazione manuale e un facile montaggio dei singoli elementi. In particolare il montaggio, realizzato per assemblaggio in opera degli elementi costituenti, con ridotte richieste di attrezzature di supporto (palco mobile), favorito anche dall'uso quasi esclusivo di collegamenti bullonati, è stato effettuato in un giorno e mezzo di lavoro ed è presumibile un tempo anche inferiore per un futuro smontaggio. Inoltre, per le modalità di montaggio, la struttura, limitatamente alla forma e dimensioni previste, può essere riutilizzata in altro luogo.

La riproposizione della copertura dell'angolo dell'atrio ha avuto lo scopo di valutare l'effetto visivo del ripristino ed è stata progettata come propedeutica alla eventuale ricostruzione totale della copertura.

L'aspetto esteriore della copertura dell'atrio principale è stato determinato dalla volontà di riproporre la probabile disposizione originaria, realizzando così la forma a compluvio con pendenza verso l'impluvium

dell'atrio. La struttura portante è stata pensata come strettamente funzionale al compito, senza particolari ricerche formali e senza cercare "accostamenti" o "attenuazioni", in modo da stimolare un'analisi sull'inserimento nel contesto e una ricerca di eventuali correzioni formali per la realizzazione definitiva.

Dall'esterno della domus la copertura è scarsamente visibile, e in relazione al sito e all'impatto archeologico, la scelta della finitura lucida e del colore naturale, per la struttura di alluminio, la evidenzia chiarendone il significato di provvisorietà finalizzata alla sperimentazione, esibito anche dai plinti fuori terra, e comunque di struttura estranea rispetto all'ambiente e a quanto irrimediabilmente perduto. Inoltre, in relazione alla leggibilità dello scavo e all'integrazione con i percorsi di visita, la struttura, comunque provvisoria, non opera sensibili alterazioni alla leggibilità dell'area e non pone ostacoli a percorsi di visita.

Le lastre alveolari di policarbonato filtrano e attenuano la luce solare, riproponendo l'aspetto della originale copertura e proteggendo nel contempo dall'azione di alterazione solare e dalla pioggia il settore coperto. Le acque piovane raccolte, di modesta entità per i circa 16 mq di copertura, sono convogliate nell'impluvio al centro dell'atrio.

La struttura, verificata all'azione del sisma e del vento, non presenta particolari qualità anti-intrusione e anti-vandalismo.

La struttura in alluminio non ha problemi di durata e non necessita di manutenzione; le lastre alveolari di copertura sono garantite 10 anni contro l'azione dei raggi UV e la rottura da grandine.

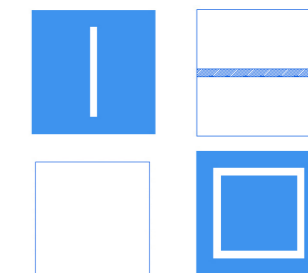
Riferimenti bibliografici

N. Santopuoli, L. Seccia, *Rilievi ed indagini multispettrali e spettrofotometriche*, in Catalogo della mostra La pittura Romana. Dal Pictor al Restauratore. Tecniche di esecuzione e di conservazione della pittura romana. L'Alma Mater a Pompei l'Insula del Centenario, a cura di D. Scagliarini, A. Corallini, Bologna Città Europea della Cultura Ed., Bologna, 2000, pp. 24-25.

N. Santopuoli, L. Seccia, *Indagini spettrofotometriche e colorimetriche non distruttive sulle pitture murali della domus del Centenario: monitoraggio e creazione di una banca dati*, in Atti della giornata di studi "Progetto Pompei - Insula del Centenario I, indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche su muri, malte, pigmenti, colori e mosaici", Parma, 2 aprile 2004.

N. Santopuoli, L. Seccia, *Indagini spettrofotometriche e colorimetriche non distruttive sulle pitture murali della domus del Centenario: monitoraggio e creazione di una banca dati*, in "Indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche", a cura di S. Santoro, collana *Pompei. Insula del Centenario (IX, 8)*, vol. 1, Editore Ante Quem, Bologna, 2007.

Lastre protettive verticali, Insula del Centenario, Pompei

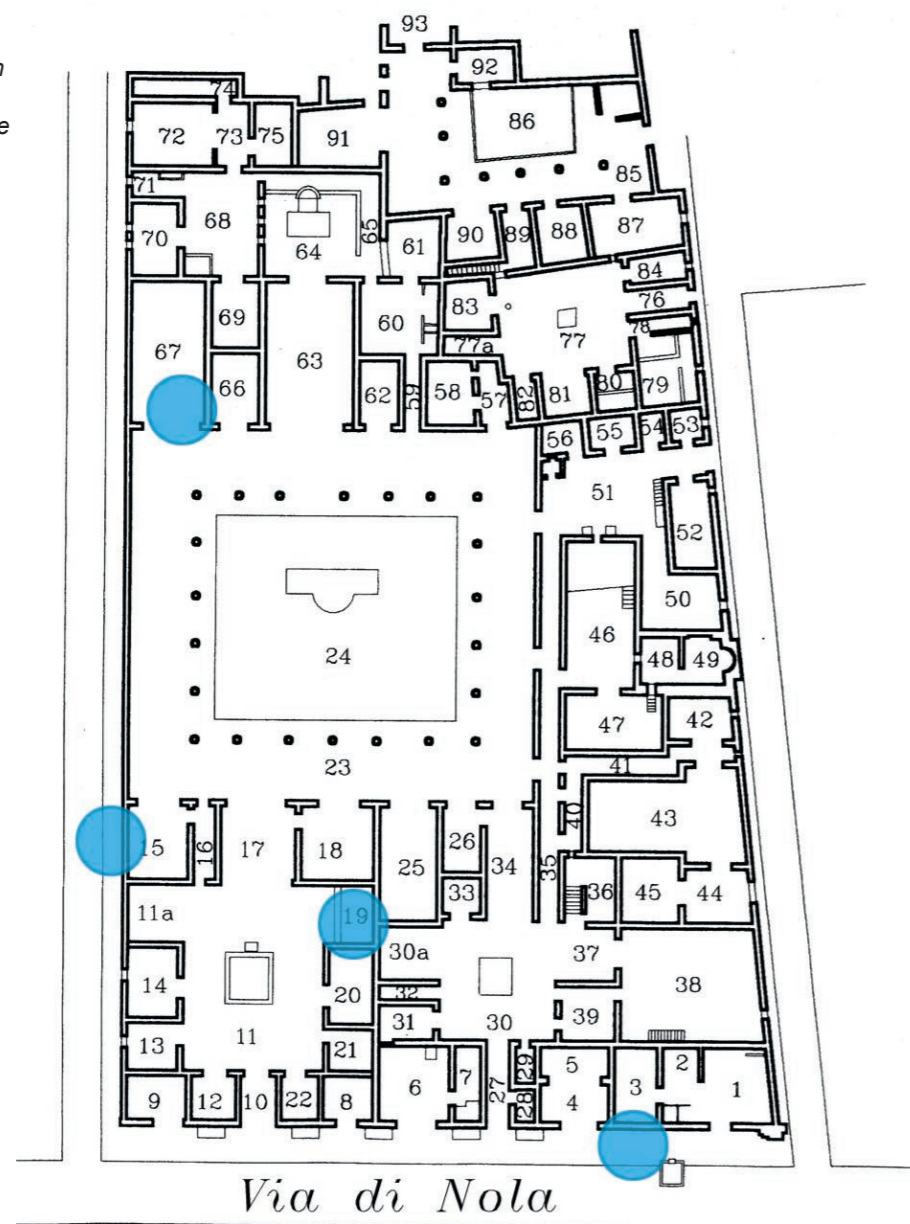


Localizzazione	Insula del Centenario, Regio IX, Insula 8, sito archeologico di Pompei
Datazione del manufatto archeologico	I sec. d.C.
Data dell'intervento	1997-2001
Dati dimensionale	-
Gruppo di progettazione	<p>Soprintendenza archeologica di Pompei Soprintendente: prof. Pietro Giovanni Guzzo Direttore degli Scavi: dott. Antonio d'Ambrosio Ufficio Tecnico: arch. Ennio Gallo, ing. Enrico Visciano</p> <p>Università di Bologna - Dipartimento di Archeologia Responsabile Scientifico: prof.ssa Daniela Scagliarini Corlàita Responsabile Scientifico Operativo: prof.ssa Sara Santoro Bianchi (Università di Parma) Segreteria Scientifica e Coordinamento: dott.ssa Antonella Coralini Università di Ferrara – Dipartimento di Architettura Responsabile del progetto generale di rilevamento, coordinamento delle indagini preliminari agli interventi conservativi e al progetto di restauro: prof. arch. Nicola Santopuoli</p> <p>Realizzazione degli interventi sperimentali Progettazione: ing. Alberto Custodi (Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna) Consulenza: ing. Corrado Santarelli – Makroform S.p.A. Fornitura materiali: Makroform S.p.A. Montaggio: Poliplast S.r.l.</p> <p>Soprintendenza Archeologica di Pompei</p>
Committente	Soprintendenza Archeologica di Pompei

Abstract

Il progetto "Pompei – Insula del Centenario (IX 8)" è il frutto di una convenzione tra la Soprintendenza Archeologica di Pompei e l'Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Archeologia, firmato nel 1999, per lo studio, lo scavo e la valorizzazione dell'insula del Centenario, attualmente chiusa ai visitatori. Nell'ambito del Progetto è stata successivamente firmata una convenzione tra la Soprintendenza Archeologica di Pompei e la Carbolux S.p.A., società del gruppo Bayer che ha poi assunto il nome Makroform S.p.A., convenzione avente come obiettivo studio, sperimentazioni ed interventi finalizzati al restauro e alla conservazione delle pitture murali e alla protezione dei resti archeologici mediante strutture di copertura.

Planimetria dell'Insula del Centenario con la numerazione dei vani scavati, sono evidenziate in azzurro le collocazioni delle lastre trasparenti collocate a protezione di lacerti di pitture murali in diverse zone dell'insula



In accordo tra Soprintendenza, équipe scientifica del Progetto, società Makroform e il progettista degli interventi sono stati individuati i seguenti ambiti di intervento sperimentale:

- 1 - ricostruzione di un angolo del tetto compluviato dell'atrio principale (11) della domus, in lastre alveolari scure a suggerire l'effetto del tetto originario;
- 2 - protezione, mediante nuova tettoia in lastre alveolari scure, del larario nell'angolo sud-est del vano 51, che conserva tracce di pittura e sarà completato col ricollocamento in situ della riproduzione dell'affresco "Bacco e il Vesuvio";
- 3 - tamponamento dell'ingresso e delle parti superiori della parete ovest del vano 67, attualmente adibito a laboratorio degli scavi, mediante lastre alveolari trasparenti;
- 4 - tamponamento di una finestra grande (vano affrescato 44) e di una finestra piccola (vano affrescato 15) in lastre compatte semitrasparenti scure il primo e con lastra compatta trasparente il secondo;
- 5 - protezione di un affresco nel vano 44 con una piccola lastra complanare compatta trasparente fissata sfruttando precedenti fori, realizzati da Altri, nell'intonaco;
- 6 - protezione diretta di resti deteriorati di affresco nell'atrio principale 11, mediante lastra complanare compatta trasparente, curvata superiormente per il deflusso della pioggia;
- 7 - protezione diretta delle iscrizioni graffite nel vano 53, con lo stesso sistema del punto 6;
- 8 - protezione diretta dei resti delle iscrizioni sui muri prospettanti su via di Nola, con lo stesso sistema del punto 6.

Il contesto di intervento

L'insula del Centenario fu dissepellita negli anni 1879-1880, nell'occasione del 18° centenario del seppellimento di Pompei, nel periodo in cui Direttore degli Scavi era l'architetto Michele Ruggero. La Casa del Centenario divenne subito celebre per il rinvenimento, nel larario, del dipinto con Bacco ed il Vesuvio, successivamente asportato e ora conservato al Museo Archeologico Nazionale di Napoli. L'insula, affacciata su via di Nola, è composta da una grande domus e da alcune abitazioni minori e verso sud presenta ancora una parte non scavata. La domus è una grande casa a due atri, con un grande peristilio, con vasca centrale, col lato settentrionale a doppio porticato, ed è caratterizzata da un ninfeo dipinto, con fontana mosaicata e criptoportico, in asse con l'ingresso principale. Vi è poi la presenza di alcuni, rari vani seminterrati, con un forno ottimamente conservato, e di un quartiere termale privato con copertura originale, ed infine di un appartamento privato. Pochi ambienti conservano la copertura originale, altri furono successivamente coperti con solai in putrelle di ferro e voltine o laterizio armato ovvero con semplici tettoie in eternit sorrette da telai in ferro; tutti versano in condizioni di forte degrado.



Due lastre di polycarbonato compatto trasparente a protezione di due dipinti murali sulla muratura esterna dell'Insula lungo la via di Nola

Valutazione dei requisiti prestazionali

Il sito archeologico di Pompei presenta un quadro esigenziale assolutamente variegato e complesso, impossibile da esaurire, se pur in una sintesi, in questa sede. Le problematiche del sito archeologico riguardano le parti scavate ed aperte alla visita turistica, così come le zone non aperte al pubblico, e riguardano sia le morfologie di degrado, strutturali e superficiali, dovute al naturale invecchiamento della materia per il trascorrere del tempo, che problematiche dovute ad interventi di restauro precedenti: il sito si configura infatti come "raccoltore" dei metodi di intervento che la teoria del restauro ha disciplinato nel corso dei secoli, includendo le applicazioni dell'evoluzione tecnologica applicata al restauro, dall'uso dei materiali "tradizionali" fino alle attuali sperimentazioni, che sono state, in questi ultimi anni, particolarmente

intense ma non prive di difficoltà e polemiche, dovute sia alla straordinarietà del sito archeologico che alla pressione e alle esigenze di una grande utenza e alle frequenti emergenze di una situazione ambientale di grande complessità.

Nel caso dell'insula del Centenario è stato possibile, grazie alla convenzione di studi, ricerche e sperimentazioni sopra citato, affrontare la protezione delle superfici decorate verticali e di ambienti che necessitavano la presenza (o la sostituzione) di strutture di copertura. La protezione delle strutture archeologiche era pertanto richiesta sia per quanto riguarda l'architettura e le strutture murarie che l'apparato decorativo costituito da dipinti murali, ovvero per il patrimonio architettonico e pittorico, intrecciando il quadro delle esigenze da soddisfare e delle conseguenti prestazioni offerte dagli interventi in termini di fruizione da parte dei visitatori, corretta lettura e percezione del sito in termini di distinguibilità degli spazi originariamente aperti e di quelli originariamente chiusi, impatto archeologico (in termini di conservazione) e ambientale. I dispositivi progettati per la protezione dei dipinti parietali e per la protezione e schermature delle aperture dovevano possedere caratteristiche di trasparenza, leggerezza, rapidità di montaggio, efficienza nella protezione dagli agenti atmosferici, controllo microclimatico, flessibilità, reversibilità, garanzie di un'agevole manutenzione, fruibilità, relazione con le preesistenze.

Il progetto di intervento

L'attività complessiva di studio, ricerca e sperimentazione nell'insula del Centenario ha riguardato sia l'applicazione di strutture di copertura che il montaggio di lastre verticali a protezione di dipinti murali. In particolare, per quanto riguarda le lastre, sono state poste in opera lastre trasparenti alveolari e compatte a chiusura verticale di grandi aperture le prime e a chiusura di vani finestra e a protezione di dipinti o iscrizioni e graffiti le seconde.

Per tutti gli interventi si è ricercata una protezione dagli agenti atmosferici, un'azione di filtraggio delle radiazioni UV e una attenuazione dell'irraggiamento solare.

Lastre alveolari trasparenti di polycarbonato sono state utilizzate per chiudere parte delle aperture presenti nell'ambiente 67, già da tempo dotato di copertura, al fine di limitare sensibilmente l'ingresso di pioggia.

Ulteriori interventi di chiusura di vani di finestre, nel locale 15 e nel locale 44, hanno richiesto l'uso di lastre compatte di polycarbonato, lastra trasparente per il primo caso e di colore bronzo, per attenuare l'intensità luminosa, per il secondo.

Altre lastre compatte trasparenti sono state utilizzate a protezione di parti di intonaci dipinti, nel vano 19 e nell'ambiente 44, e a protezione di iscrizioni, su murature prospettanti su via di Nola, e di graffiti, nell'ambiente 53.



Dettagli della piegatura superiore imposta alle lastre al fine di proteggere i dipinti murali dall'infiltrazione di acque meteoriche e del sistema a cerniera che consente la manutenzione delle lastre e il monitoraggio dei dipinti

Elemento distintivo dell'applicazione delle lastre compatte di protezione, con l'unica eccezione di quella dell'ambiente 44, è la realizzazione di una articolazione nella parte superiore della lastra, in modo da permetterne il sollevamento, per rotazione attorno al bordo superiore, e la pulizia nella parte interna, operazione che in altre applicazioni di lastre di protezione si è rivelata difficile se non impossibile. Inoltre, nelle lastre utilizzate per protezione di dipinti e graffiti, è stata realizzata, a freddo, una piegatura superiore delle lastre, in modo da realizzare direttamente una "tettoia" a protezione dall'infiltrazione superiore di acqua piovana.

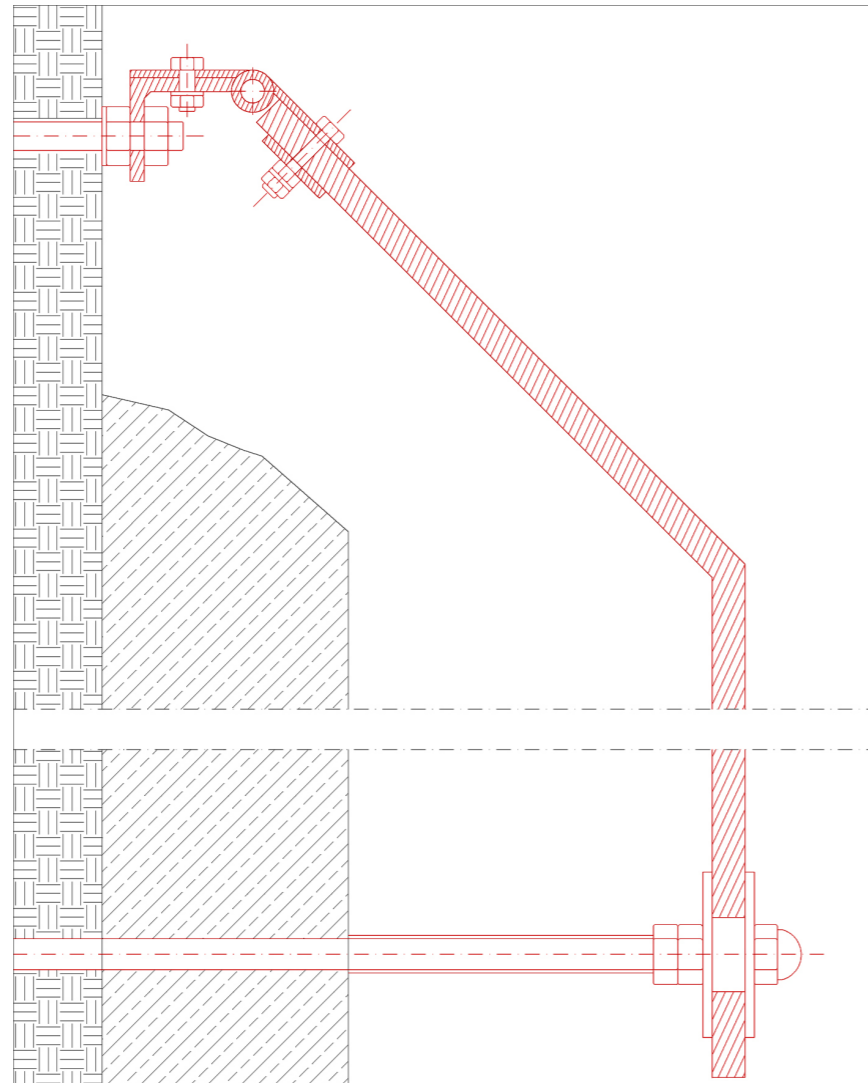


Immagine e restituzione grafica del sistema di aggancio delle lastre alla muratura soprastante il lacerto di pittura murale, con la cerniera che consente il sollevamento della lastra per la manutenzione della lastra stessa e il monitoraggio della pittura sottostante

Le lastre compatte poste in opera sono del tipo commerciale Makrolon Mono Dura, costituite di polycarbonato trasparente con un trattamento su entrambe le superfici che fornisce resistenza all'abrasione, all'azione chimica e a quella dei raggi UV, sono garantite 10 anni contro la rottura e 5 anni contro la delaminazione dello strato superficiale e contro un marcato ingiallimento. Le dimensioni delle lastre sono variabili

a seconda del singolo contesto di applicazione e commisurate alla superficie di pittura murale da proteggere o dell'apertura da schermare. Sulla qualità della protezione fornita dalle lastre di polycarbonato, la capacità di rallentare il processo di alterazione cromatica dovuto all'azione di dilavamento della pioggia e all'irraggiamento solare, è stato intrapreso un monitoraggio nel tempo delle variazioni cromatiche con indagini spettrofotometriche e telefotometriche. Tale opera di monitoraggio strumentale non ha rivelato alcun viraggio dei pigmenti originali costituenti le pitture murali che le lastre proteggono fino alle verifiche effettuate nell'anno 2007 quando leggere variazioni nel pigmento sono state registrate dalle letture spettrofotometriche ma non percepibili visivamente.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria	Originaria: protezioni definite mediante i dispositivi tecnologici in lastre verticali

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	-
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	-
Chiusura verticale	Lastre compatte e alveolari in polycarbonato, trasparenti e color bronzo; trattamento su entrambe le superfici di ciascuna lastra che fornisce resistenza all'abrasione, all'azione chimica e a quella dei raggi UV; articolazione nella parte superiore della lastra, in modo da permetterne il sollevamento, per rotazione attorno al bordo superiore, e la pulizia nella parte interna
Chiusura superiore	Piegatura superiore, realizzata a freddo, delle lastre, in modo da realizzare direttamente una "tettoia" a protezione dall'infiltrazione superiore di acqua piovana

Sintesi critica e conclusioni

L'applicazione di lastre trasparenti in polycarbonato con le caratteristiche sopra descritte a protezione delle strutture e dell'apparato decorativo dell'insula del Centenario nel sito archeologico di Pompei, ha costituito un'efficace sperimentazione, in termini di:

- basso impatto visivo sulle strutture archeologiche;
- rispondenza al criterio del minimo intervento,
- protezione delle superfici dipinte;
- rallentamento dei fenomeni di degrado;
- leggerezza, rapidità di montaggio, manutenzione;
- protezione dagli agenti atmosferici e controllo microclimatico;
- flessibilità e reversibilità del dispositivo di protezione;

- ottima relazione con le preesistenze dovuta alla trasparenza e alla non interferenza con il contesto antico;
- ottima rispondenza in termini di fruibilità del manufatto: la lastra trasparente assicura visibilità e corretta lettura della superficie pittorica protetta abbattendo il rischio di manomissione e degrado antropico in generale.

I risultati di questa sperimentazione hanno portato all'applicazione, nell'ambito del cantiere "Da Asellina a Verecundus: ricerca, restauro e monitoraggio sulle pitture di alcune celebri botteghe di via dell'Abbondanza a Pompei (Regio IX, Insulae 7 e 11)" 2002-2007, di lastre in policarbonato a protezione dei dipinti murali (vedi scheda).

La caratteristica della trasparenza in questo contesto è determinante ai fini della visibilità, fruibilità e corretta lettura; le lastre sono trattate su entrambe le superfici al fine di assicurare resistenza all'abrasione, all'azione chimica, ai raggi UV e contro l'ingiallimento.

Sagomatura e lavorazione a freddo garantiscono il sollevamento, per rotazione attorno al bordo superiore, e la pulizia nella parte interna e quindi ad una agevole manutenzione, mentre la piegatura superiore delle lastre protegge dall'infiltrazione superiore di acqua piovana.

Gli interventi presentano caratteristiche di elevata durabilità con manutenzione ridotta o assente. Il contesto sperimentale dell'insula del Centenario è stato oggetto di continui monitoraggi e verifiche puntuali, fino al 2008.

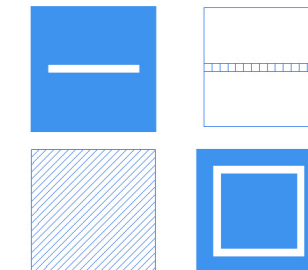
Riferimenti bibliografici

N. Santopuoli, L. Seccia, *Rilievi ed indagini multispettrali e spettrofotometriche*, in Catalogo della mostra La pittura Romana. Dal Pictor al Restauratore. Tecniche di esecuzione e di conservazione della pittura romana. L'Alma Mater a Pompei l'Insula del Centenario, a cura di D. Scagliarini, A. Corallini, Bologna Città Europea della Cultura Ed., Bologna, 2000, pp. 24-25.

N. Santopuoli, L. Seccia, *Indagini spettrofotometriche e colorimetriche non distruttive sulle pitture murali della domus del Centenario: monitoraggio e creazione di una banca dati*, in Atti della giornata di studi "Progetto Pompei - Insula del Centenario I, indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche su muri, malte, pigmenti, colori e mosaici", Parma, 2 aprile 2004.

N. Santopuoli, L. Seccia, *Indagini spettrofotometriche e colorimetriche non distruttive sulle pitture murali della domus del Centenario: monitoraggio e creazione di una banca dati*, in "Indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche", a cura di S. Santoro, collana *Pompei. Insula del Centenario (IX, 8)*, vol. 1, Editore Ante Quem, Bologna, 2007.

Copertura del Complesso Termale di Sassoferato



Localizzazione	Località Santa Lucia, Comune di Sassoferato, Ancona
Datazione del manufatto archeologico	I sec. a.C.
Data dell'intervento	2000 - 2001
Dati dimensionale	500 mq c.a.
Enti coinvolti nell'intervento	Cooperativa Archeologia di Firenze Soprintendenza Archeologica delle Marche Comune di Sassoferato Università degli Studi di Urbino Università degli Studi di Genova
Committente	Soprintendenza Archeologica della Regione Marche

Abstract

Al momento dello scavo del complesso termale, la grande struttura, con murature in laterizio e pavimentazioni in marmo e, in alcuni vani, a mosaico, è emersa la necessità di rendere agevoli le operazioni di disseppellimento, di proteggere le antiche strutture e di valorizzare il sito.

Mentre la zona del portico è stata protetta mediante una copertura a struttura spaziale reticolare in acciaio, pannelli plastici opachi e infissi

complanari a nastro con lastre in policarbonato, la protezione degli ambienti termali è affidata a una struttura in tubolari metallici sovrastata da un manto di pannelli alveolari trasparenti in policarbonato, forati in corrispondenza dei punti di aggancio, realizzati con un uncino metallico fissato ai tubolari orizzontali e fermati sul manto da una borchia, che evita anche il passaggio dell'acqua piovana attraverso le lastre.

Il contesto di intervento

Dalle ultime campagne di scavo nel complesso è stato riconosciuto una grande struttura termale pubblica extraurbana, nata forse a causa dell'aumentata esigenza della popolazione cittadina, ma destinata anche a svolgere, considerata l'ubicazione topografica (sulla direttrice della strada che doveva prolungare all'esterno della porta meridionale di Sentinum il *Cardo Massimo*), una funzione di *xenodochion*, ovvero di luogo di accoglienza per i viaggiatori anche se non sono state ritrovate strutture destinate ad essi. Il complesso risulta distribuito lungo l'asse est-ovest con fronte a ovest lungo la strada, presenta un vestibolo con pavimento musivo, un atrio attraverso il quale si entrava in un portico con colonne in breccia rossa di Verona e pavimento musivo bianco che doveva contornare una grande corte identificabile come palestra. Tutto il settore meridionale del complesso, secondo l'asse est-ovest era occupato dal settore termale con murature in laterizio e pavimenti in marmo o a mosaico. Attraverso un'ampia porta inquadrata da colonne ci si immetteva nell'ingresso delle terme.

Negli scavi parziali degli anni Cinquanta e Settanta del Novecento il grande complesso era stato identificato come una villa suburbana. Negli ultimi anni la Soprintendenza Archeologica delle Marche ha dato

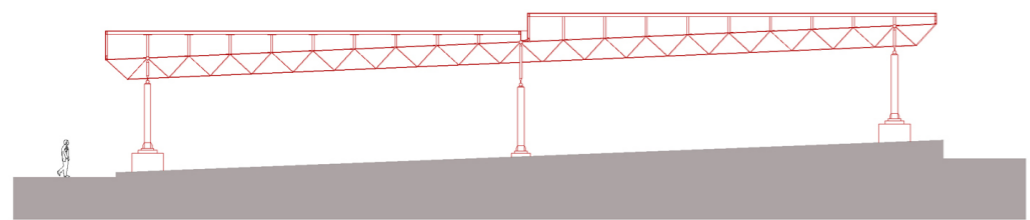
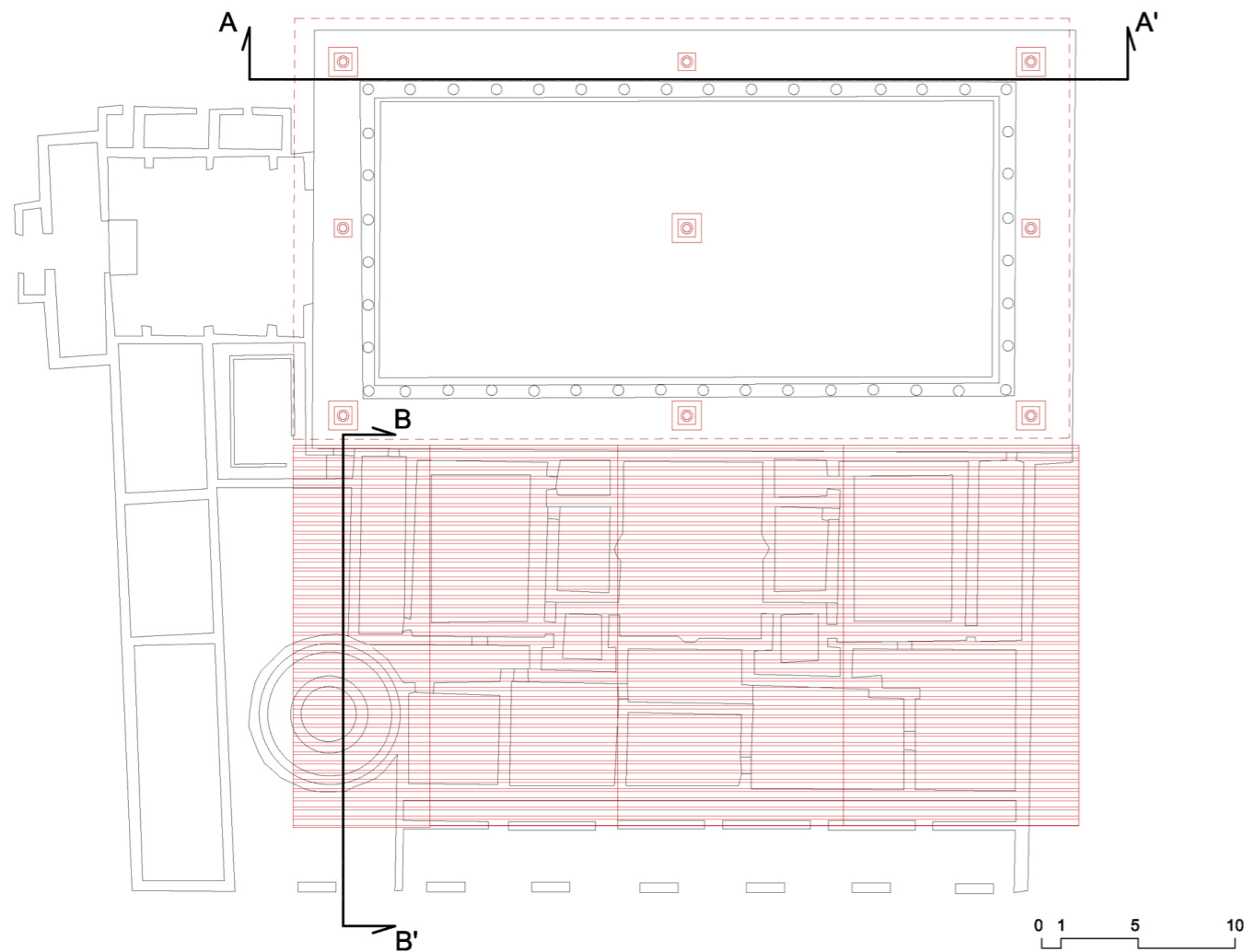


vita ad un grande programma di ripresa delle ricerche e di valorizzazione dell'intera area archeologica di Sentinum, sono state effettuate quindi, negli anni 2000 e 2001, due cospicue campagne di scavo affidate alla cooperativa Archeologia di Firenze che hanno permesso di verificare quasi per intero l'estensione del complesso.

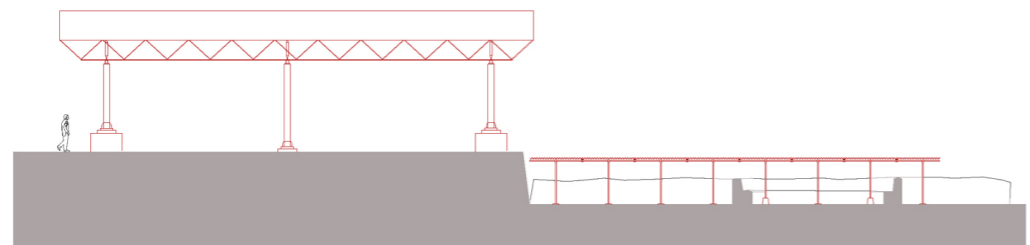
Valutazione dei requisiti prestazionali

L'esigenza più impellente a seguito delle operazioni di scavo riguardava la fruibilità del sito per condurre le operazioni di cantiere e, successivamente, la protezione dei reperti dagli agenti atmosferici. L'articolazione dei vani richiedeva un sistema permanente che consentisse l'articolazione della struttura di copertura, un sistema di fondazione che non compromettesse il terreno circostante alle strutture scavate, rapidità di montaggio e adattabilità al sito collocato al di fuori dell'abitato, totale reversibilità e capacità di agevole manutenzione, oltreché un impatto visivo-percettivo ed ambientale idoneo al sito, aperto al pubblico.

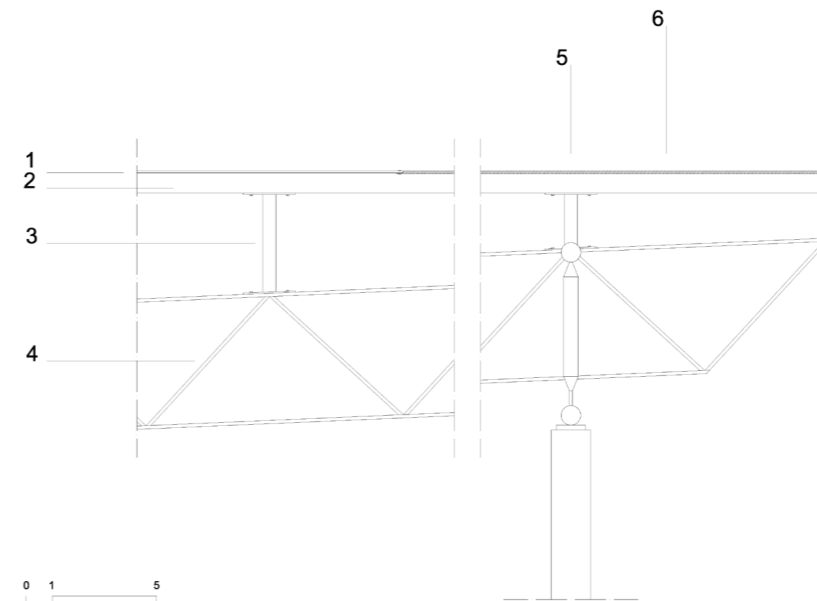




SEZIONE AA'



SEZIONE BB'



Dettaglio della struttura di copertura della zona del portico:
reticolari in acciaio e manto in pannelli plastici opachi e trasparenti:
1- lastra in policarbonato trasparente
2- scatolari metallici a sezione rettangolare
3- montanti metallici di sostegno della copertura
4- reticolare spaziale tridimensionale
5- pilastri metallici a sezione circolare
6- manto di copertura in materiale plastico opaco

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

LA ZONA DEL PORTICO

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo di volumetria regolare e pianta semplice

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta superficiale (plinti in c.a. fuori terra)
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	8 pilastri in acciaio reggono la struttura spaziale reticolare in acciaio
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Semplice manto in pannelli plastici Infissi complanari a nastro con lastre in policarbonato

IL COMPLESSO TERMALE

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Aggregazione seriale di più corpi a pianta semplice

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta superficiale (plinti in c.a. fuori terra)
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Sistema di pilastri e travi tubolari in acciaio
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Manto di copertura in pannelli alveolari traslucidi in policarbonato



Vista della copertura del complesso termale

Il progetto di intervento

La scelta da parte della Soprintendenza è ricaduta su una duplice, differenziata soluzione, per l'ambiente del portico e per gli altri vani, di minore entità dimensionale, che costituiscono l'articolato insieme degli ambienti termali.

La zona del portico è stata coperta da una struttura spaziale in reticolari in acciaio retta da pilastri in acciaio infissi in plinti fuori terra e coperta da pannelli plastici opachi e colorati (color mattone) interrotti da infissi complanari a nastro in lastre di polycarbonato trasparenti, che aumentano l'illuminazione del vano protetto, pur essendo il sistema aperto e completamente privo di chiusure verticali.

Gli altri vani del complesso termale sono stati protetti mediante semplici coperture la cui struttura è in tubolari metallici e il manto è in pannelli alveolari di polycarbonato trasparenti, collocate preferenzialmente laddove esistono apparati decorativi, in marmo o musivi, sulle superfici pavimentali.

Sintesi critica e conclusioni

Complessivamente l'intervento sulle terme di Sassoferrato si presenta disomogeneo, avendo operato la scelta di adottare un sistema di copertura differenziato per la zona del portico e per tutti gli ambienti che articolano il complesso. Questa scelta, adottata probabilmente sia per motivazioni legate alla dimensione della superficie da proteggere (la zona del portico ha una superficie corrispondente all'estensione di tutti gli altri vani) che ad una volontà di distinguere i vani del sito archeologico, ha un impatto visivo-percettivo piuttosto invasivo.

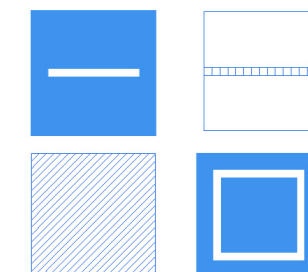
La copertura della zona del portico non presenta particolari caratteristiche di leggerezza, rapidità di montaggio e adattabilità al sito, non è un sistema flessibile e non è facilmente reversibile. La soluzione di linguaggio e materiali contemporanei e la scelta di creare nuovi volumi creano un effetto visivo che non agevola la percezione del pregio del complesso archeologico.

Caratteristiche di maggiore leggerezza e adattabilità sono invece proprie delle coperture dei vani del complesso termale realizzate con tubolari in acciaio e manto trasparente. La soluzione, senza finalità ricostruttive e con un impatto visivo complessivamente meno disturbante, ha buone caratteristiche di adattabilità al sito, leggerezza e rapidità di montaggio (e quindi di smontaggio) essendo totalmente reversibile e molto flessibile alle possibili esigenze che un complesso del genere può richiedere nel tempo.

Riferimenti bibliografici

Coperture per aree e strutture archeologiche. Repertorio di casi esemplificativi, a cura di N. Santopuoli e S. Santoro, supplemento ad *Arkos* n.1/2000, UTET, Torino 2000.

Copertura del teatro romano di Caesaraugusta, Saragozza



Localizzazione	Teatro romano di Caesaraugusta, Saragozza
Datazione del manufatto archeologico	I sec. d.C.
Data dell'intervento	2002-2003
Dati dimensionale	-
Autore dell'intervento	Direzione degli scavi: Francisco Escudero e Pilar Galve Progetto architettonico: arch. Ursula Heredia arch. Ramon Velasco Progetto strutturale: Lanik Ingenieros (San Sebastian) Municipalità di Saragozza
Committente	

Abstract

Il progetto della copertura del teatro romano di Caesaraugusta a Saragozza, primo teatro romano coperto al mondo, rientra nell'ambito di un vasto progetto comprensivo del restauro delle antiche strutture e dell'allestimento museale di un edificio adiacente alle antiche rovine che raccoglie e illustra i resti archeologici rinvenuti nell'area del teatro.



Vista aerea dell'estensione della copertura

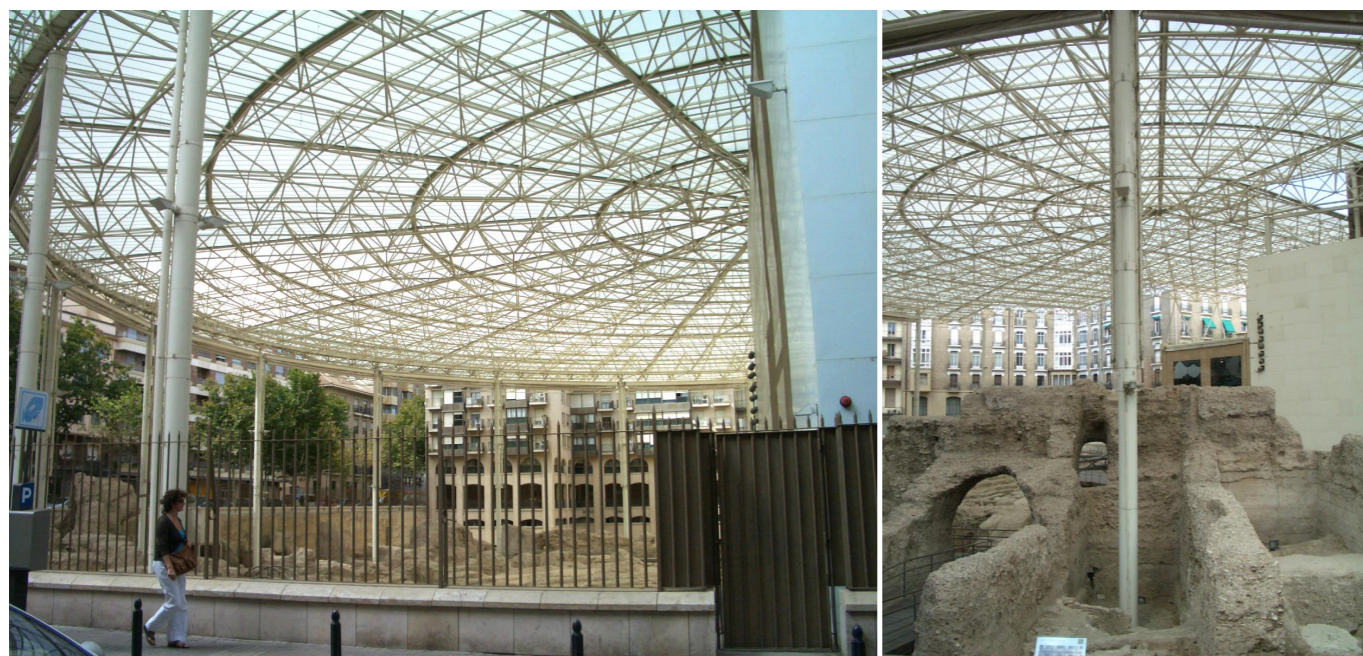
L'imponente struttura di copertura, che occupa circa la metà di un grande isolato, è realizzata in acciaio e manto in lastre traslucide di polycarbonato, scelte appositamente dagli architetti per soddisfare le diverse esigenze che la grande struttura imponeva.

Il contesto di intervento

Nel I sec. d.C. i romani edificarono il teatro nella colonia di Caesar Augusta, fondata esattamente un secolo prima dell'avvento del principato di Tiberio. Questa grande struttura, di 25 metri di altezza, spiccava fra gli altri edifici ed era perfettamente visibile dal fiume Ebro, attraverso cui le numerose imbarcazioni che abitualmente visitavano la città giungevano fino al porto fluviale. Dopo un'intensa attività teatrale, il suo utilizzo subì il declino dal momento in cui, nella seconda metà del III secolo, l'edificio subì lo spoglio dei suoi materiali, che furono riutilizzati per la costruzione della muraglia di Caesar Augusta. A seguito del suo abbandono, il suolo dove si eresse l'edificio fu scenario durante i secoli seguenti di numerosi cambiamenti, stratificandosi sopra le vestigia romane, fino all'aprile 1972, quando, in modo casuale, vennero scoperte le fondazioni del grande Teatro di Caesar Augusta. Fino al 2002, molti sono stati gli attori che si sono avvicendati nel recupero del teatro romano, fino alla presentazione del restauro delle antiche strutture e dell'allestimento museale adiacente.



Vista della copertura dal basso e dell'effetto luminoso conferito dai pannelli di polycarbonato traslucidi



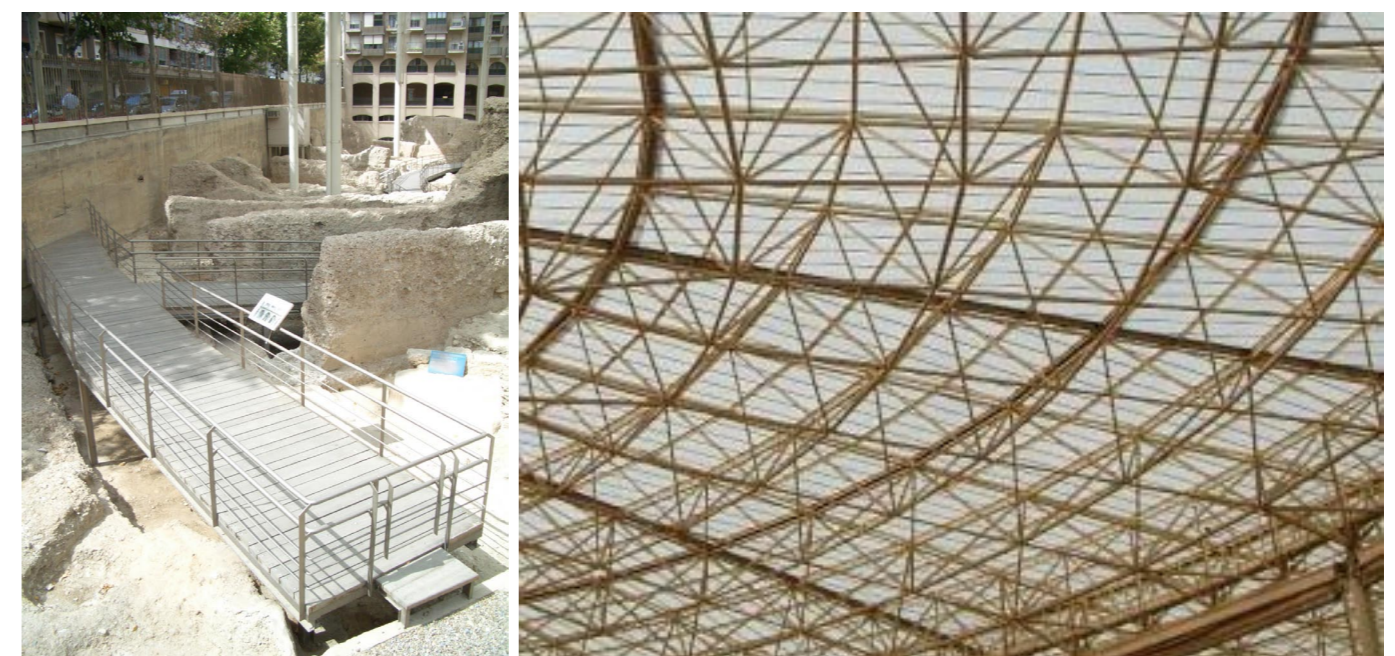
Valutazione dei requisiti prestazionali

L'imponente struttura di copertura richiedeva, già in fase di progetto, una serie di caratteristiche fortemente collegate al rapporto con le antiche strutture e alle grandi dimensioni. La struttura poneva infatti, innanzitutto, il problema dell'integrazione con il tessuto urbano della città. La struttura doveva infatti rapportarsi con le strutture storiche, non poggiare su di esse, garantire la protezione dagli agenti atmosferici, essere leggera ed economica, garantire la diffusione luminosa adeguata sulle strutture protette schermandole dai raggi UV. Occorreva inoltre garantire la miglior fruizione e la migliore visibilità ravvicinata dei manufatti storici.

Il progetto di intervento

La struttura di copertura è costituita da un grande "ombrello" con struttura portante in pilastri tubolari in acciaio dell'altezza di 25 m e struttura orizzontale in reticolari spaziali impostate su pianta circolare. La struttura è verniciata di bianco e il manto è costituito in pannelli traslucidi di polycarbonato, scelti appositamente per resistere agli agenti atmosferici, ed in particolare alla grandine, per proteggere le strutture antiche dai raggi ultravioletti, per garantire leggerezza ed economicità. La copertura protegge un percorso di visita interno ai resti del teatro, progettato in doghe in legno su struttura metallica, per consentire la migliore visibilità dei manufatti storici. Collocato ad una quota inferiore rispetto a quella stradale attuale, il teatro è circondato da una ringhiera metallica, non presenta chiusure verticali ed è visibile da ciascun lato libero dell'isolato.

A sinistra, la passerella del percorso di visita dei resti del teatro; a destra, dettaglio della struttura di copertura





Sia la copertura che le passerelle che sovrastano i resti del teatro dovevano rispettare completamente i resti e quindi tutti gli appoggi sono stati collocati su ghiaia e non su strutture antiche.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia Permanente
Volumetria Costante su pianta irregolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione Diretta - Plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale Pilastrini tubolari in acciaio; travi reticolari spaziali disposte a raggiera
Chiusura verticale Assente, e, su due lati, costituita dagli edifici preesistenti
Chiusura superiore Manto in pannelli traslucidi di polycarbonato



Differenze nella diffusione luminosa che la copertura conferisce ai resti del teatro in due diversi momenti della giornata

Sintesi critica e conclusioni

La precisa scelta dei progettisti, su indicazioni della Soprintendenza, per realizzare il primo teatro romano coperto, si è orientata sulla struttura metallica e sul manto in polycarbonato, in quanto materiale molto più leggero, più versatile ed economico del cristallo. Le sue prestazioni sono maggiori e migliori, in quanto lascia passare la luce ma non i raggi ultravioletti, e, inoltre, protegge efficacemente dalla pioggia e dalla grandine.

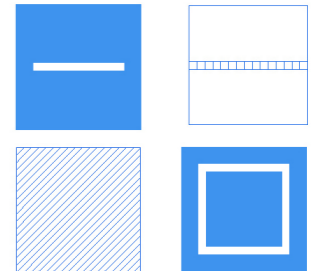
La valutazione dell'impatto della copertura segue le specificità proprie di un grande progetto contemporaneo inserito nel contesto storico del tessuto urbano, indubbiamente perseguendo i criteri della distinguibilità. La grande struttura riesce inoltre a valorizzare il sito, evidenziandolo anche a distanza grazie agli sporti della copertura rispetto al filo dei prospetti.

Riferimenti bibliografici

M.C. Ruggieri Tricoli, *Teatri ed anfiteatri romani: gli interventi recenti sullo sfondo dell'esperienza di alcuni paesi europei*, in "Dioniso. Annale della Fondazione INDA", vol. 5/2006, pp. 306-333.

S. Rubio, *El teatro de Caesaraugusta*, in "Viajar por Aragon", luglio 2003, pp. 8-23.

Copertura dei resti della Villa Romana di Patti Marina



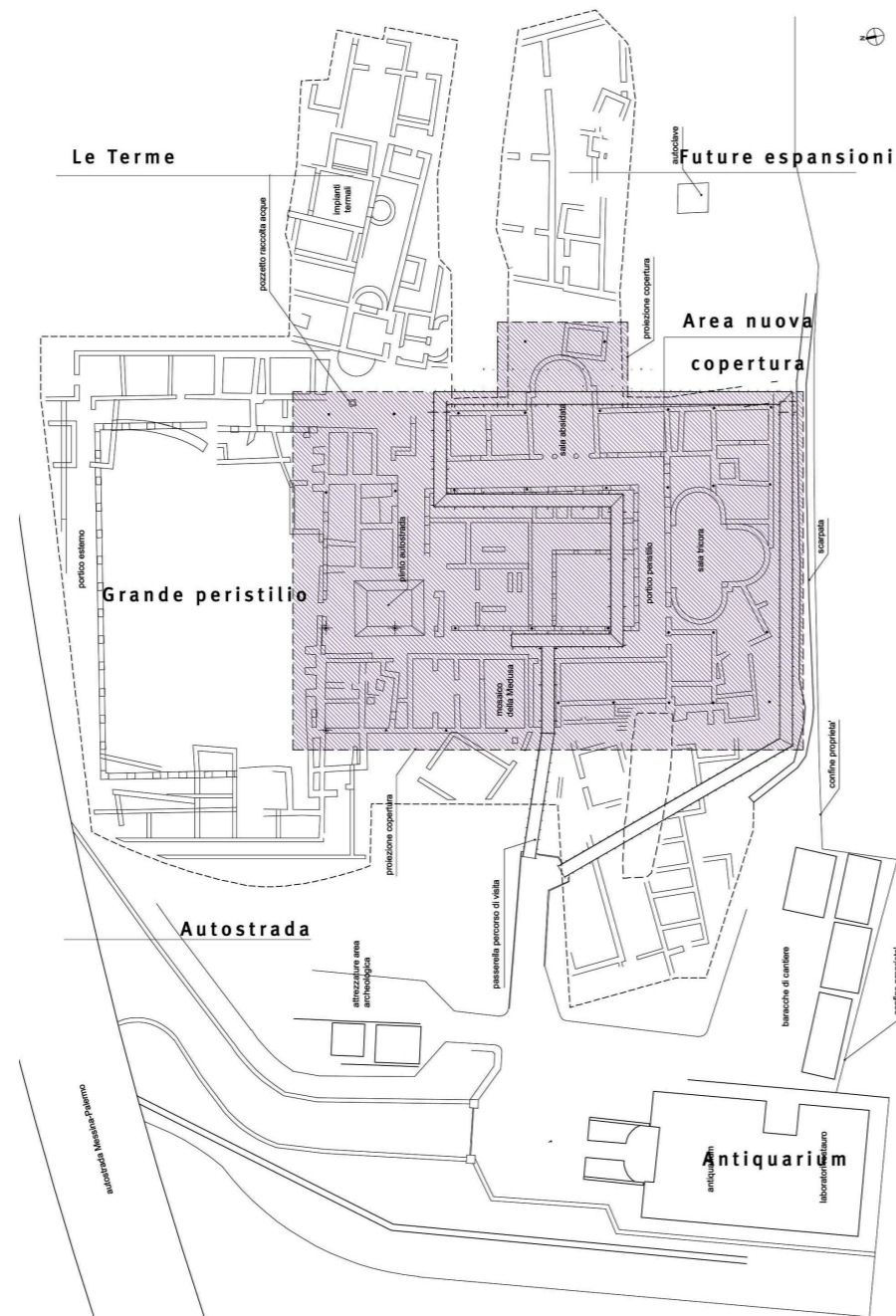
Localizzazione	Patti Marina, Messina
Datazione del manufatto archeologico	I-IV sec. d.C.
Data dell'intervento	2002/2007
Dati dimensionale	3000 mq
Autore dell'intervento / gruppo di progettazione	arch. Franco Ceschi E.D.IN. Srl, ing. Fabio Brancaleoni Soprintendenza di Siracusa: dott. Giuseppe Voza Direzione della sezione beni archeologici: dott.ssa Maria Costanza Lentini
Committente	Regione Sicilia

Abstract

I resti antichi della Villa Romana di Patti Marina, scoperta nel 1973 a seguito dei lavori di realizzazione dell'autostrada Messina-Palermo e oggetto negli anni di intense campagne di scavo e di restauro, sono stati a lungo protetti da una copertura provvisoria in tubolari di acciaio e manto ondulux. Ma la crescente attenzione dei visitatori, insieme con i limiti e la vetustà della struttura provvisoria, hanno portato alla

realizzazione di una copertura protettiva permanente che permettesse una più definitiva sistemazione dell'area archeologica al fine di rendere pienamente fruibile il monumento. La copertura consiste in una unica grande tettoia con andamento lievemente curvilineo, estesa all'intera area del corpo centrale della Villa, con il colmo sull'asse minore del peristilio.

Planimetria dell'area archeologica ed evidenziazione della zona interessata dalla copertura



Il contesto di intervento

La Villa romana di Patti Marina venne scoperta, nel 1973, durante la costruzione dell'autostrada Messina-Palermo. I resti finora venuti alla luce risalgono al IV secolo d.C. e sembra che l'elegante abitazione fu costruita sopra un precedente impianto raso al suolo forse da un terremoto. La parte meglio visibile contiene un pavimento a mosaico policromo che presenta delle scene figurate risalenti al I-II secolo d.C., ma è certo che la struttura è stata preceduta da un'altra fase edilizia di cui si conosce poco. Sulla collina che domina il golfo di Patti, a Tindari, la visita è d'obbligo, e non solo per il moderno santuario della Madonna nera, una statua bizantina giunta, secondo la leggenda, dall'Oriente. Meritevole di doverosa attenzione è il Teatro costruito dai Greci (III o II secolo a.C.) e rivisitato in età romana, così come meritevole di interesse è il decumano con l'antica pavimentazione ed il grande isolato con tabernae digradanti. Colonne e pavimenti a mosaico contraddistinguono la casa romana (I secolo a.C.) e, poco distante, la basilica con copertura a volte, che fungeva da monumentale propileo dell'agorà. Rari reperti sono conservati nel museo mentre le mura che circondavano tutto il colle sono fra le più imponenti e meglio conservate (III secolo a.C.).

La struttura della grande villa romana, che si estende per una superficie complessiva di circa 20.000 mq, si sviluppa attorno ad un immenso peristilio con un largo portico a colonne. Su quest'ultimo sboccano i vari ambienti che si dispongono sui quattro lati. Tra questi, il più importante è una grande sala triabsidata, in cui è stato ritrovato un mosaico a motivi geometrici e con raffigurazioni di animali domestici e feroci; essa domina tutto il lato sud del portico, collegato con essa a mezzo di un grande arco del quale rimangono ancora i piedritti. Le altre sale hanno generalmente pavimenti costituiti da mosaici policromi a motivi geometrici, ancora ben conservati. Tra i mosaici più importanti, quello della sala tricora con la parte centrale a schema detto a cerchi e a mandorle che circoscrivono ottagoni raffiguranti animali domestici e fiere.

Il secondo nucleo, sul lato orientale della villa, è caratterizzato dalla presenza delle terme.

Le strutture murarie si presentano ridotte a quote in elevato pressoché irrilevanti, con poche eccezioni, mentre i mosaici pavimentali risultano ben conservati.

Valutazione dei requisiti prestazionali

Al momento della definizione del progetto della copertura permanente, vennero individuati i limiti della copertura provvisoria ed i requisiti di quella di nuova definizione, realizzata con strutture tubolari di acciaio e un manto superiore di lastre in ondulux, sia dal punto di vista estetico in termini di visione di insieme dei resti antichi sia a causa dell'elevato numero di appoggi che, con una struttura di questo tipo, insistono sui manufatti archeologici. Inoltre, la struttura di copertura provvisoria,



avrebbe richiesto una costosa manutenzione per ovviare al progressivo arrugginire delle strutture in ferro, degrado che rischiava peraltro di provocare danni ai mosaici, e per la sostituzione degli elementi del manto di copertura ormai usurati ed ingialliti. Era inoltre necessario provvedere ad una più definitiva sistemazione della zona archeologica, vista l'importanza dei suoi resti e la preziosità dei mosaici pavimentali ritrovati al suo interno, in previsione anche di un notevole flusso di visitatori. Il progetto di una copertura permanente doveva garantire la buona conservazione delle strutture e dei preziosi mosaici pavimentali, assicurare le migliori condizioni per la prosecuzione del cantiere di scavo e di restauro del monumento, aperto al pubblico nel corso dei lavori mediante la realizzazione di un percorso di visita sviluppato sopra una passerella pedonale, consentendo la musealizzazione della stessa attività di ricerca archeologica durante il suo svolgimento.



In previsione della prosecuzione degli studi e delle campagne di scavo, il progetto ha dovuto considerare la possibilità di ampliamento della copertura lungo la direttrice est-ovest, dove le indagini archeologiche indicavano la presenza di altre strutture del complesso della villa.

In questo senso la nuova copertura doveva consentire di effettuare nuovi scavi e di proseguire i restauri, con facilità di accesso ai mezzi di lavoro, libertà di movimento e circolazione degli addetti.



La copertura doveva inoltre garantire un buon livello di illuminazione per consentire di apprezzare i resti archeologici ed i mosaici, pur proteggendo dall'eccessiva insolazione che potrebbe essere dannosa ai fini conservativi.

Fra i requisiti principali del progetto vi era certamente quello della riduzione dell'impatto visivo delle strutture di sostegno della copertura; non solo al fine di ridurre al minimo i punti di appoggio sul suolo archeologico, ma anche per privilegiare la comprensione delle strutture antiche, fino a quel momento parzialmente nascoste dal disordine della struttura in ferro.



La nuova struttura doveva ricercare la massima trasparenza trasversale, al fine di assicurare la migliore percezione e comprensione dei resti antichi e la completa valorizzazione del complesso archeologico, anche attraverso la massima semplificazione dei suoi elementi strutturali per facilitarne le operazioni di montaggio e ridurre i tempi del cantiere a vantaggio della messa in sicurezza del monumento. Un ulteriore requisito della nuova copertura protettiva doveva essere quello della sua facilità di manutenzione e semplicità di gestione.

Il progetto di intervento

La definizione del progetto della struttura di copertura è partita da un primo presupposto di base: la massima rarefazione degli appoggi al suolo, da ricercare per la maggior parte in coincidenza con le strutture archeologiche del monumento. La grande dimensione della superficie da coprire ha portato ad escludere soluzioni strutturali che poggiassero

solo al di fuori delle aree di scavo, sia perché i limiti delle stesse non erano ancora completamente definiti e accertati e sia perché le grandi luci avrebbero comportato strutture di dimensioni eccezionali, che avrebbero finito per prevalere sulle strutture antiche da proteggere, oltre a porre pesanti problemi di fondazioni sul terreno.

Le scelte di progetto si sono orientate verso una soluzione che:

- proponesse un'immagine semplice della copertura;
- permettesse una chiara visione di insieme con il minimo di interferenza visiva;
- comportasse la massima rarefazione degli appoggi in coincidenza con le strutture antiche.

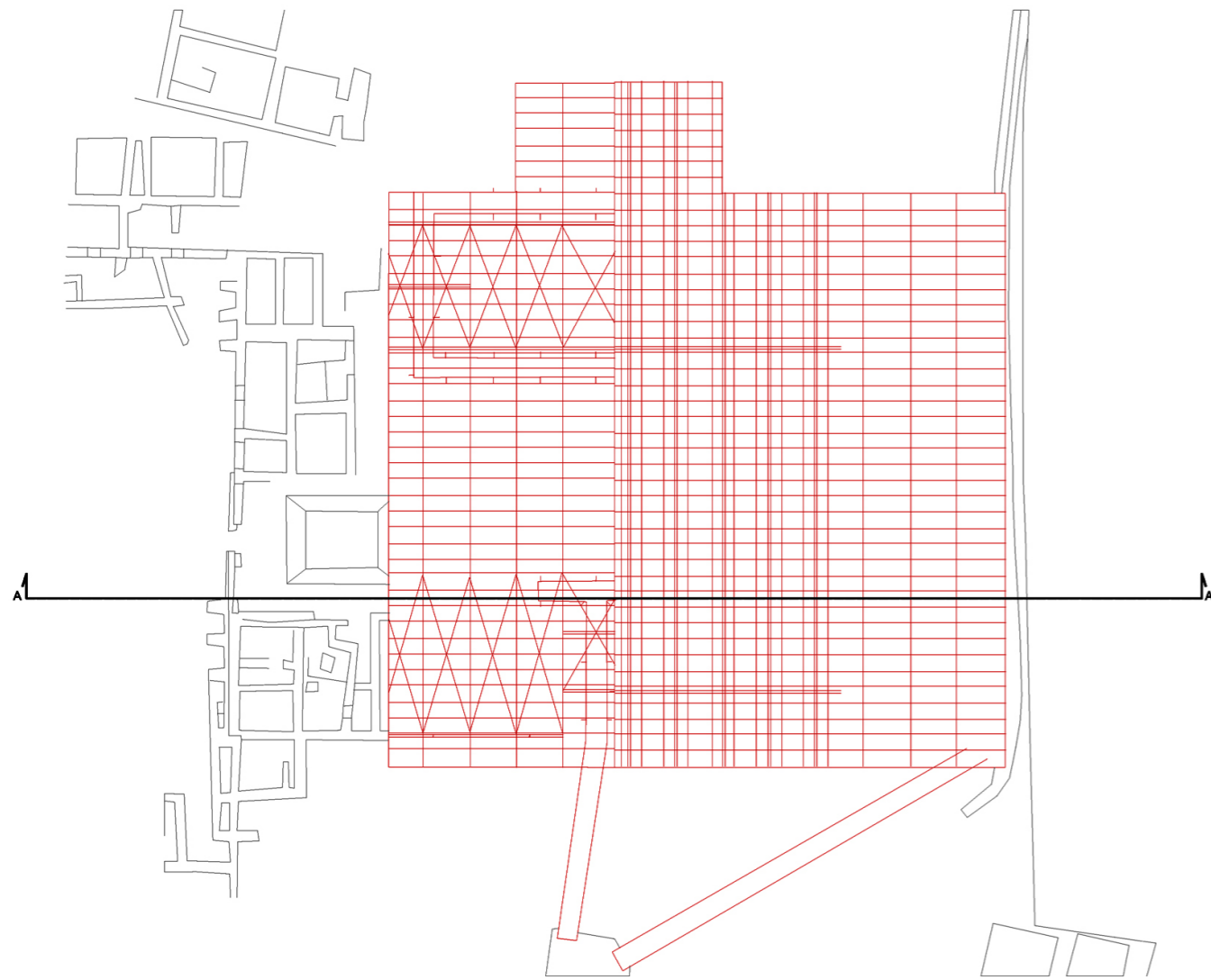
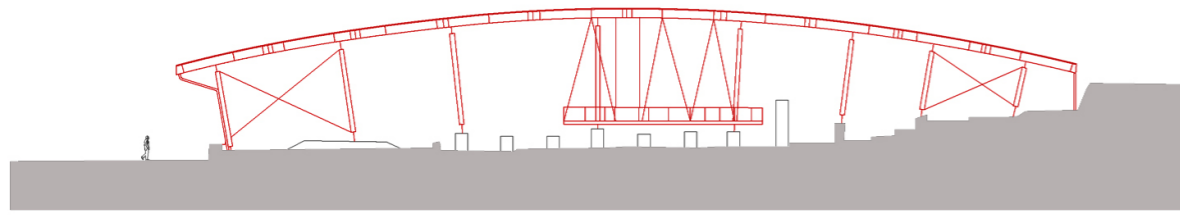
La struttura si presenta come un'unica grande *forma* con andamento lievemente curvilineo che si dispone con pilastri inclinati secondo il raggio di curvatura. Di fatto la copertura è ancora una "tettoia": i suoi pochi appoggi ricercano gli allineamenti delle strutture sottostanti, ma in un sistema autonomo, che non interferisca con la lettura del monumento. Per la definizione dei punti dove realizzare gli appoggi sono state identificate una ad una le disposizioni più opportune, avendo cura di utilizzare le giaciture dei muri antichi e dei pilastri del peristilio, con il criterio della minima invasività delle nuove strutture.

Il sistema strutturale

La grande struttura è modulare e regolare su una serie di appoggi calibrati secondo le possibilità offerte dal monumento e posizionati nei punti di minor pregiudizio per le strutture antiche.

È una grande struttura a graticcio composta da travi trasversali, curvilinee calandrate, che descrivono l'andamento della curvatura, mentre quelle disposte longitudinalmente sono di uguale altezza ma rettilinee. L'intera struttura si sostiene su una serie di 35 pilastri a sezione circolare, ognuno dei quali, sui punti di appoggio designati in ragione delle esigenze del monumento, interseca le travi di graticcio disponendosi con l'inclinazione necessaria in quel punto. Il graticcio strutturale è composto da travi di orditura primaria e secondaria a parete piena in acciaio dell'altezza di 45 centimetri. È stato utilizzato acciaio auto-protetto CORTEN, scelto per le caratteristiche di inalterabilità, in quanto a differenza dell'acciaio, non forma ruggine e perché non ha bisogno di zincature o verniciature con vantaggio rilevante dal punto di vista manutentivo. Inoltre, le sue caratteristiche cromatiche si accordano più facilmente con le murature antiche del complesso archeologico e con il terreno dello scavo, in una logica di mimesi ambientale e di riduzione dell'impatto visivo.

Gli appoggi sono stati realizzati su micropali di 10 cm di diametro infissi direttamente nella fondazione dei pilastri e delle murature esistenti, dai quali si innestano i pilastri tubolari di minimo ingombro, che portano la struttura del graticcio. Dal punto di vista statico i pilastri lavorano come pendoli, sottoposti a soli sforzi assiali, grazie alle cerniere sferiche di



Pianta del complesso archeologico con indicazione della struttura di copertura e sezione trasversale

cui sono dotati sia all'appoggio a terra che all'attacco delle travi della struttura superiore e sono controventati per resistere alle sollecitazioni trasversali.

Questa soluzione ha consentito di assottigliare al massimo i sostegni, fino ad un diametro di 18 cm. Le cernere sferiche consentono grandi tolleranze di disallineamento fra i pilastri, che hanno così potuto essere appoggiati liberamente nei punti più opportuni. Nello stesso tempo è stato possibile operare sull'inclinazione dei pilastri stessi in modo da

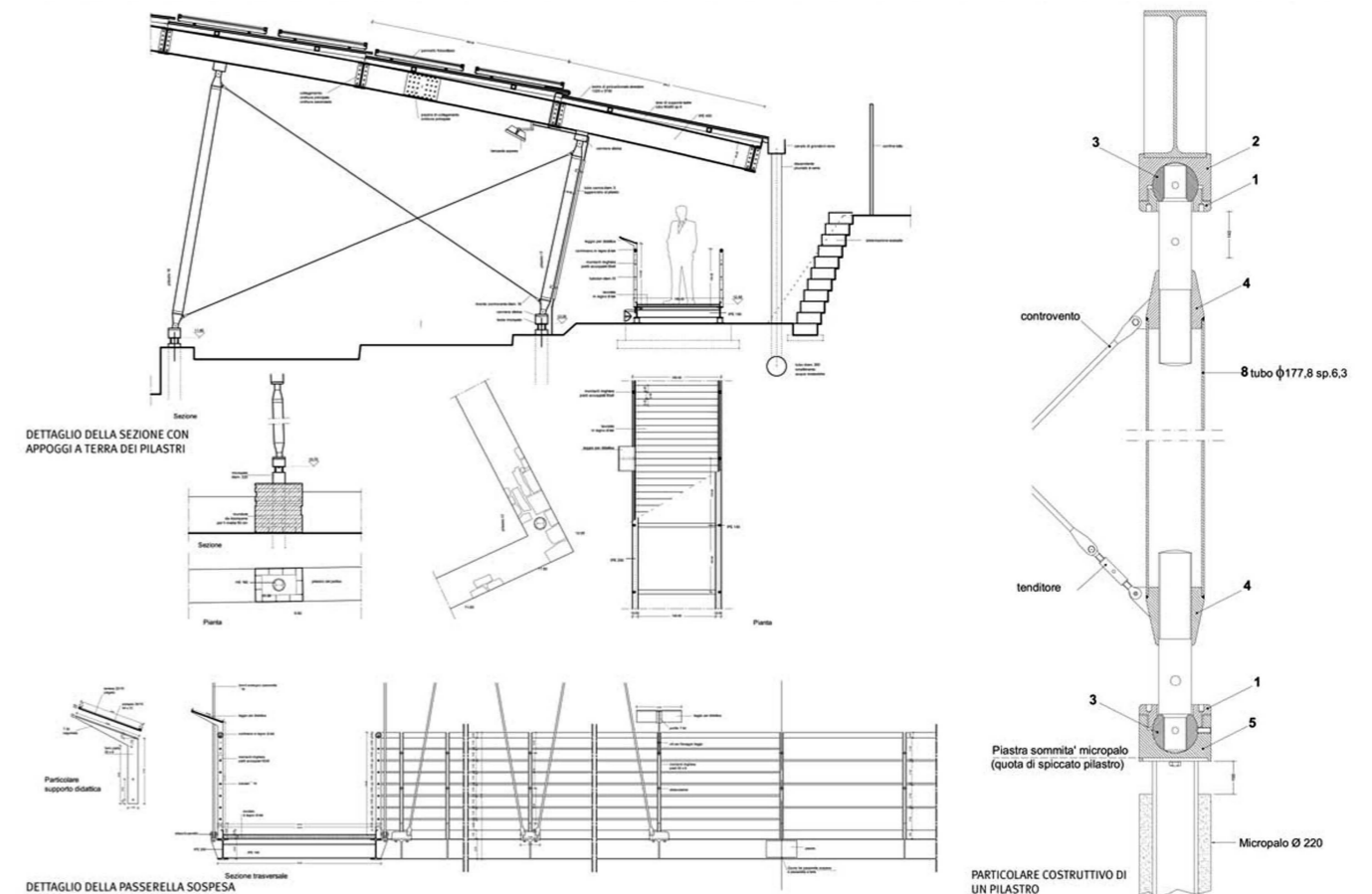
farli lavorare non solo radialmente rispetto alla curvatura della copertura ma anche obliquamente per poter intercettare le travi della struttura superiore secondo il loro allineamento.

La passerella pedonale, che ricalca il percorso di quella collocata precedentemente sotto la copertura provvisoria, è realizzata con una coppia di travi, collegate da travi trasversali di collegamento e nel tratto al di sotto della copertura, è sospesa alla struttura del graticcio di copertura, tramite tiranti in acciaio obliqui, senza bisogno di alcun appoggio a terra. Nel suo tratto allo scoperto, dove si ritrova il terreno non ancora indagato, la passerella invece appoggia direttamente a terra tramite modesti plinti di fondazione superficiale.

Il manto di copertura

La copertura si dispone con l'asse longitudinale in direzione nord sud, con il colmo in corrispondenza del peristilio della Villa: la forma curvilinea disposta con le pendenze parallele all'andamento naturale del terreno ne permette un migliore inserimento nel contesto riducendone al minimo l'impatto. Inoltre questa disposizione consente lo smaltimento delle acque piovane può avvenire a monte, nei terreni verso la ferrovia, ed a valle, nella zona occupata dal grande peristilio ancora da scavare, e permetterà in futuro, con semplici addizioni di nuovi moduli paralleli,

Dettagli dei pilastri, degli appoggi a terra e della passerella sospesa



di estendere l'area coperta verso le nuove zone di scavo delle terme che si sviluppano in direzione est.

Al di sopra della struttura di graticcio vi sono una serie di telai in acciaio, tutti di uguale dimensione, di rapido ed agevole montaggio, sui quali è fissato il manto di copertura in lastre di polycarbonato alveolare estruso di colore brunito per fornire la necessaria ombreggiatura.

Il materiale è risultato particolarmente idoneo in questo contesto per la sua leggerezza, per la facilità di messa in opera, per la sua resistenza agli agenti aggressivi e per i costi contenuti.

Essendo estremamente leggere, le lastre, anche di grande formato, sono adatte a ricoprire la grande struttura metallica; prodotte per estrusione, hanno in larghezza una dimensione standard mentre possono raggiungere in lunghezza dimensioni anche rilevanti, permettendo di ridurre considerevolmente il numero. Le lastre sono trattate per protezione anti UV riducendo notevolmente l'irradiazione e l'effetto serra. A tal fine i pannelli di copertura sono stati posti in opera in file orizzontali lievemente sfalsate tra loro in modo da formare un'asola aperta che consente una totale ventilazione naturale interna. Questo accorgimento, insieme alla stessa conformazione generale della copertura che è aperta lungo i lati e nella zona centrale raggiunge altezze rilevanti, assicura una temperatura estiva accettabile per la visita del monumento evitando nel contempo un indesiderato effetto serra. La forma curvilinea della struttura viene seguita dai telai rettilinei che portano le lastre che si dispongono sfalsati l'uno rispetto all'altro.

Ciò consente di ottenere pannelli di copertura anch'essi rettilinei che formano un manto di dimensioni regolari con lastre di dimensioni tutte uguali, disposte in file distanziate tra loro, con pendenze variabili ma comunque, nelle file più centrali, sempre superiori al 2% per facilitare il deflusso delle acque meteoriche.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo di volumetria egolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Appoggi su micropali di 10 cm di diametro infissi nella fondazione dei pilastri e delle murature esistenti, dai quali si innestano i pilastri tubolari
-------------------	--

Struttura di elevazione verticale e orizzontale	35 pilastri a sezione circolare intersecano la struttura a graticcio composta da travi
--	--

trasversali; travi di orditura primaria e secondaria a parete piena in acciaio dell'altezza di 45 centimetri

**Chiusura verticale
Chiusura superiore**

Assente
Al di sopra della struttura di graticcio vi sono una serie di telai in acciaio tutti di uguale dimensione, sui quali è fissato il manto di copertura in lastre di polycarbonato alveolare estruso fumè

Sintesi critica e conclusioni

La criticità maggiore in questo intervento di protezione e valorizzazione mediante l'installazione di una copertura permanente, risiedeva nelle grandi dimensioni del sito da proteggere, il che implicava problematiche di natura da un lato strutturale e dall'altro di impatto ambientale visivo percettivo. Da un lato la soluzione, privilegiando la massima "funzionalità" in relazione alla tecnologia, facilità di montaggio e manutenzione, non si è piegata alla realizzazione di un "modello per tutte le occasioni", che forse non avrebbe tenuto in giusto conto il monumento e le sue esigenze. Dall'altro lato, insieme alla primaria funzione protettiva, l'intervento non ha privilegiato la via della restituzione dell'immagine del monumento operando in "aderenza" alla preesistenza e tentando di riproporre la configurazione architettonica originaria.

Una grande copertura a protezione di un complesso archeologico pone a diretto confronto le esigenze del rispetto del suolo archeologico, con i suoi vincoli di giaciture, allineamenti ed emergenze locali, con la necessità di standardizzare e razionalizzare gli elementi costruttivi della struttura di copertura per rendere il sistema più facilmente realizzabile e assemblabile ed insieme rispondente a criteri di economicità complessiva. In questo caso sono state escluse soluzioni che alludessero alla ricomposizione dell'immagine del monumento, riproponendone o reinterpretandone le originarie forme e caratteristiche strutturali, a favore invece di una visione d'insieme del complesso.

Al di là delle esigenze di razionalità ed economicità generale dell'impianto, la struttura è stata dotata di una forma autonoma e riconoscibile, il cui impatto più traumatico si ha forse nella visione dall'alto. La morfologia non entra in conflitto o concorrenza con i resti antichi, ed esce dall'anonimato del prodotto industriale, per evidenziare la sua specificità di oggetto pensato e realizzato per le esigenze di questo monumento e per la sua conservazione.

Sono state conciliate due diverse logiche, con un sistema strutturale che permette di sostenere la grande copertura modulare, composta

di elementi standardizzati, su una serie di appoggi ridotti al minimo calibrati sulle esigenze del monumento e posizionati nei punti di minor pregiudizio.

La realizzazione della copertura protettiva offriva, nelle intenzioni del progettista, l'occasione di disporre di una grande superficie esposta al sole da poter utilizzare per la produzione di energia elettrica ricavata dal fotovoltaico. Il progetto prevedeva infatti l'installazione, al di sopra del manto di copertura, di una serie di moduli fotovoltaici per una superficie complessiva di 200 mq, capaci di assicurare una produzione di energia elettrica per i bisogni del monumento. Secondo il progetto, il sistema era dimensionato sulla produzione di 15 KW per sperimentarne l'efficacia e la rispondenza ai fabbisogni, ma non è stato realizzato per mancanza di fondi.

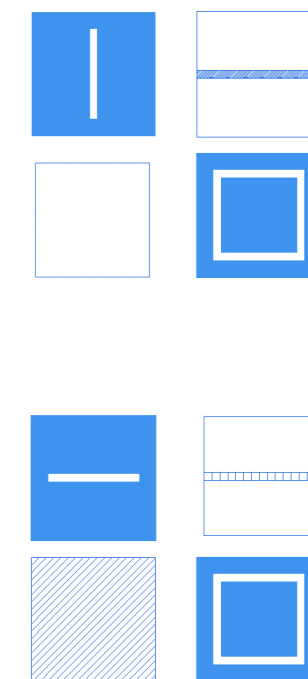
Riferimenti bibliografici

F. Ceschi, *La copertura protettiva permanente della Villa romana di Patti Marina*, in "Apparati musivi antichi nell'area del Mediterraneo", Atti del primo Convegno Internazionale di Studi "La materia e i segni della storia", Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004, pp. 203-211.

Approfondimenti nel web (al gennaio 2009)

<http://www.francosceschi.it>

Lastre protettive piane verticali e orizzontali, via dell'Abbondanza, Pompei



Localizzazione

Datazione del manufatto archeologico

Data dell'intervento

Dati dimensionale

Gruppo di progettazione

Regio IX, Insulae 7 e 11, sito archeologico di Pompei

I sec. d.C.

2003 - 2006

-

Soprintendenza archeologica di Pompei

Soprintendente: prof. Pietro Giovanni Guzzo

dott. A. d'Ambrosio, dott. E. De Carolis, dott. S. Vanacore

Università di Ferrara – Centro DIAPReM del Dipartimento di Architettura

Sapienza, Università di Roma, Facoltà di Architettura Valle Giulia

Il Facoltà Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna (sede di Forlì)

Triade S.r.l., Napoli

Responsabile del progetto generale di rilevamento, coordinamento delle indagini preliminari agli interventi conservativi e al progetto di restauro: prof. arch. Nicola Santopuoli

Consulenza: ing. Corrado Santarelli – Makroform S.p.A.

Fornitura materiali: Makroform S.p.A.

Montaggio: Tecno Coperture S.r.l., Napoli

Soprintendenza Archeologica di Pompei

Committente

Abstract

L'intervento si colloca nell'ambito del progetto di ricerche, restauri e monitoraggio sulle facciate di alcune botteghe su via dell'Abbondanza.

Oltre alle complesse operazioni di pulitura e restauro che hanno interessato i fronti, sono state rimosse precedenti lastre in vetro e plexiglas, che avevano contribuito al danneggiamento dei dipinti sottostanti ed erano danneggiate loro stesse compromettendo la visibilità dei dipinti, sostituite con lastre in policarbonato trasparenti e trattate con i raggi UV collocate verticalmente sui fronti appena restaurati e puliti.

Il contesto di intervento

Oggetto del cantiere sono state le facciate di alcune botteghe poste lungo via dell'Abbondanza, decumano massimo e centro della vita commerciale dell'antica città di Pompei, le cui vestigia

architettoniche riportano ancora pitture murali e iscrizioni, fondamentali testimonianze circa la società, le consuetudini e la vita quotidiana.

Gli edifici oggetto di intervento sono stati, in particolare, l'officina coactiliaria o bottega dei feltrai di Verecundus (Regio IX, VII, 7-5); una casa privata (Regio IX, VII, 3); l'officina infectoria o tintoria con fornace (Regio IX, VII, 2); una seconda officina coactiliaria (Regio IX, VII, 1); il compitum con altare, ovvero il quadrivio dedicato alle divinità dell'Olimpo, e, infine, il thermopolium di Asellina (Regio IX, XI, 2).

Le facciate in oggetto di studio sono state portate alla luce a partire dal 1911-1912 sotto la direzione agli scavi di Vittorio Spinazzola e senza aver scavato i locali interni, il cui sviluppo è parzialmente percepibile grazie alla disposizione dei muri di spina, ad eccezione del Thermopolio di Asellina, di cui è stato portato alla luce il vano interno dal quale si accede al piano superiore, ora ridotto a semplice terrazzo. Dopo la fase di scavo che ha riportato alla luce le facciate, si sono succeduti nel corso degli anni numerosi interventi sia di manutenzione delle strutture architettoniche e degli apparati decorativi che di integrazione, interventi che si sono succeduti nel corso del tempo perseguendo le diverse fasi che hanno caratterizzato la teoria del restauro e i diversi approcci alla conservazione nel tempo, ancora percepibili in una sorta di memoria storica ancora leggibile direttamente sulla materia antica.

Le facciate risultano addossate al terrapieno retrostante di materiale non scavato, trattenuto

mediante muri di contenimento, le cui apparecchiature sono state realizzate al momento dello scavo utilizzando materiale locale di recupero (materiale lavico, pomici, conchi calcare, ecc.).

La caratteristica più importante dei fronti è la presenza dei preziosi dipinti murali e delle iscrizioni elettorali, prezioso esempio storico artistico e testimoniale della vita quotidiana a Pompei in precedenza all'eruzione vulcanica che la seppellì.



Dettaglio delle lastre in plexiglass collocate sui dipinti murali prima dell'avvio del cantiere di restauro

Valutazione dei requisiti prestazionali

Visibilità, annullamento percettivo, protezione dagli agenti atmosferici, dall'irraggiamento, dalle sollecitazioni meccaniche e dal degrado antropico erano le esigenze principali che si sono riscontrate durante il cantiere di restauro.

Le fasi di indagine preliminari relative all'analisi dello stato conservativo delle facciate hanno permesso di redigere una mappatura delle diverse morfologie di degrado di strutture e superfici; una delle principali cause di deterioramento dei materiali è stata identificata nel terreno a contatto diretto con la parte retrostante dei fronti e la conseguente presenza di un'elevata quantità d'acqua nelle murature, sia a causa della risalita capillare che per veicolazione delle piogge meteoriche. A causa della presenza di acqua nelle murature e dei cicli secco/umido, si è riscontrata la veicolazione e fuoriuscita dei sali con successiva cristallizzazione in superficie in seguito all'evaporazione dell'acqua.

Le situazioni di maggiore criticità erano rappresentate dalla presenza del terrapieno nell'area retrostante i prospetti degli edifici, e causa quindi di forte umidità nelle strutture; la presenza nella medesima zona di vegetazione superiore; la forte azione eolica e dei raggi solari che interessa tutta la via; il parziale degrado delle coperture in essere a

Vista delle facciate lungo via dell'Abbondanza oggetto del cantiere a conclusione dei lavori e dopo l'applicazione delle lastre in policarbonato trasparenti

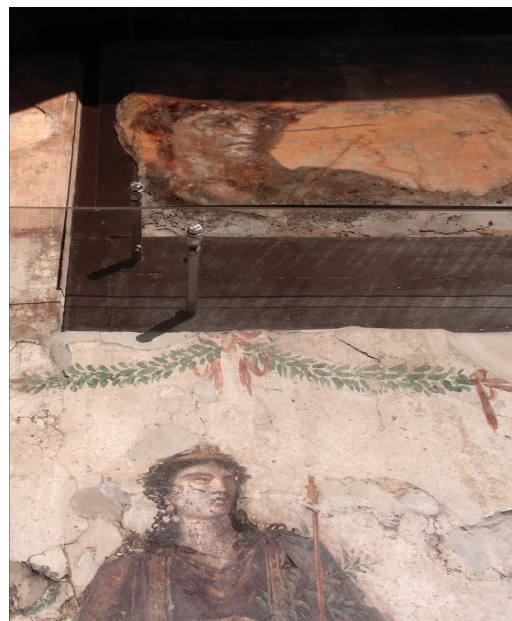


protezione del colmo dei paramenti murari; la perdita di funzionalità di parte del sistema di deflusso delle acque piovane.

Nello stato di fatto degli edifici prima dell'apertura del cantiere rientravano anche le lastre in vetro e plexiglas poste sui dipinti quale sistema di protezione da possibili atti vandalici e dall'erosione eolica collocato in restauri precedenti risalenti agli anni Sessanta e Settanta. Le lastre si presentavano in pessime condizioni, opache e ingiallite e coperte dal deposito di polveri, tali da compromettere fortemente la visibilità dei dipinti murali sottostanti. Le lastre avevano inoltre creato condizioni microclimatiche nell'intercapedine dannosissime per i dipinti murali, che infatti sono risultati compromessi. La loro rimozione è stata effettuata all'inizio dei lavori al fine di permettere l'esatta valutazione dello stato di conservazione dei dipinti e di studiare un'alternativa nel materiale costitutivo delle lastre e delle staffe metalliche tramite le quali erano fissate alla muratura.

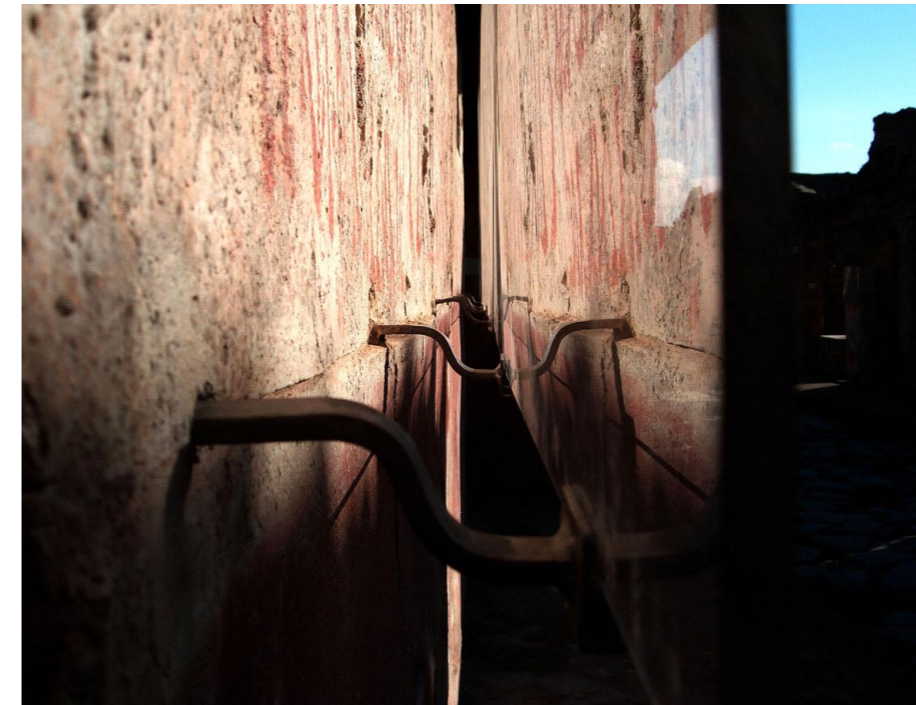
La leggerezza, la totale trasparenza finalizzata alla visibilità dei dipinti murali appena restaurati, la minor invasività possibile e il minimo impatto visivo, la reversibilità, la protezione dagli agenti meteorici e dall'irraggiamento solare rappresentavano indubbiamente fattori da tenere in considerazione in fase progettuale, ma in aggiunta a queste e preponderante, era il problema del degrado antropico di manufatti esterni e alla portata di eventuali danni, anche involontari, dovuti all'intenso flusso turistico che interessa, per tutto l'arco dell'anno, il sito archeologico, problema strettamente connesso alla resistenza meccanica che i dispositivi di protezione dovevano garantire.

Due dettagli dei sistemi di aggancio delle nuove lastre protettive trasparenti in policarbonato, che sfruttano la presenza dei preesistenti agganci su cui erano collocate le lastre in plexiglas e vetro; i vecchi agganci sono stati "incamiciati" con nuovi dispositivi in acciaio



Il progetto di protezione

In seguito alle operazioni di analisi e studio prima e di pulitura e restauro poi, si è verificata l'esigenza di porre dei dispositivi trasparenti a protezione delle pitture murali, in sostituzione di quelle in vetro e plexiglas rimosse. Sono state poste in opera lastre in policarbonato compatto e alveolare, trasparenti Makrolon-UV della Bayer Sheet Europe.



Nel caso della grande lastra a protezione delle iscrizioni elettorali sulla facciata del Termopolio di Asellina, gli agganci preesistenti e non removibili, curvi, sono stati sfruttati anche come appoggio delle nuove lastre in policarbonato

Complessivamente, i dipinti murali che necessitavano protezione hanno richiesto la collocazione di 15 lastre piane compatte, 1 lastra sagomata compatta, per la caldaia collocata a ridosso dell'officina coactiliaria e 5 lastre alveolari trasparenti montate a protezione orizzontale.

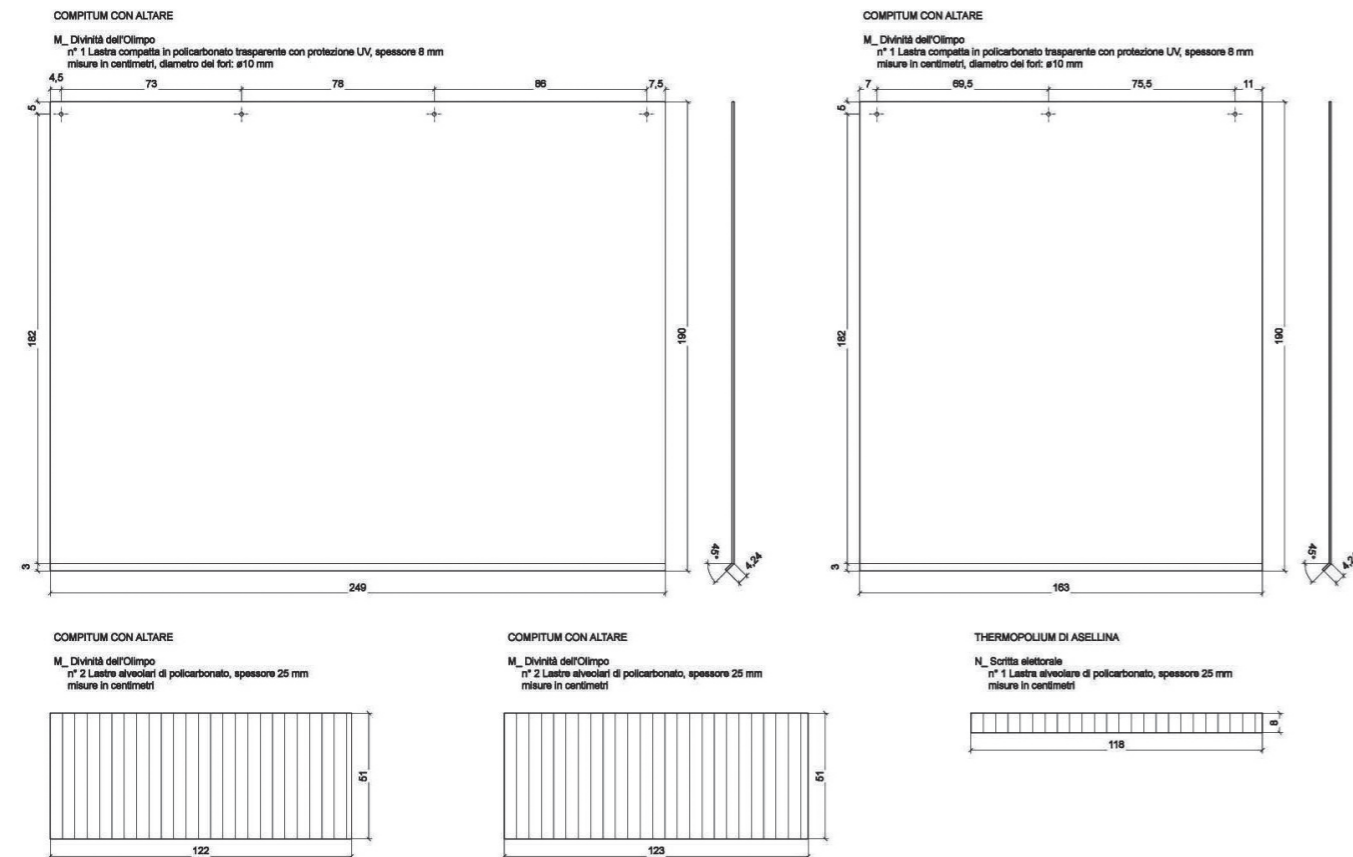
Al fine di rispondere alle esigenze di visibilità e corretta lettura dei dipinti murali, minimo impatto visivo, reversibilità, protezione dagli agenti atmosferici e dall'irraggiamento solare, dalle sollecitazioni meccaniche e dal degrado antropico, sono state collocate lastre compatte in policarbonato trasparente di diverso spessore e, in taluni casi, piegate a 45° nel bordo inferiore per veicolare lo sgocciolamento, e in due casi piegate lateralmente. Seriormente, tettoie preesistenti non hanno reso necessaria né la piegatura delle lastre né alcun altro dispositivo per bloccare l'infiltrazione delle acque meteoriche, salvo tre casi in cui sono state collocate lastre alveolari in policarbonato trasparenti inclinate a tettoia a protezione di zone libere superiormente.

Le lastre sono state tagliate su misura per la protezione dei singoli dipinti murali e l'intercapedine tra il paramento murario dipinto e le lastre è di 8 cm, intercapedine valutata ottimale per evitare l'innescarsi di un

microclima dannoso per i dipinti.

Il sistema di montaggio ha sfruttato gli agganci preesistenti e che reggevano i precedenti dispositivi; erano presenti infatti ganci metallici fissati in fori eseguiti sulle murature storiche e resi solidali con esse mediante malta cementizia, inamovibili a meno di un ingente danno alle murature e alla perdita di materia antica. I precedenti ganci sono stati quindi incamiciati con elementi puntiformi di ancoraggio in acciaio inox, ad eccezione dei ganci ricurvi presenti sul fronte del Termopolio di Asellina.

Particolari delle lastre compatte verticali con piegatura inferiore a 45° per favorire lo sgocciolamento, e delle lastre alveolari utilizzate come tettoie in sommità a quei lacerti di dipinti murali privi di protezioni soprastanti



Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria	Originaria: protezioni definite mediante i dispositivi tecnologici in lastre verticali

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	-
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	-
Chiusura verticale	<p>Lastre compatte in policarbonato, trasparenti; multi UV con pellicola verso l'interno per favorire lo scivolamento di eventuali acque meteoriche;</p> <p>In dettaglio:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 lastra di (b x h) 194 x 225 cm, 8 mm di spessore, con bordo inferiore piegato a 45° 1 lastra di (b x h) 180 x 151,5 cm, 8 mm di spessore, con bordo inferiore piegato a 45° 1 lastra di (b x h) 108 x 102,5 cm, 8 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 194 x 102,5 cm, 8 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 132,5 x 102,5 cm, 8 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 134,5x 102,5 cm, 8 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 249 x 190 cm, 8 mm di spessore, con bordo inferiore piegato a 45° 1 lastra di (b x h) 163 x 190 cm, 8 mm di spessore, con bordo inferiore piegato a 45° 1 lastra di (b x h) 211 x 155,5 cm, 8 mm di spessore, con bordo inferiore piegato a 45° 1 lastra di (b x h) 161 x 128 cm, 8 mm di spessore, con bordo sinistro piegato a 45° 1 lastra di (b x h) 147,5 x 75 cm, 8 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 165 x 148 cm, 8 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 245 x 148 cm, 8 mm di spessore, sagomata a "L" 1 lastra di (b x h) 125 x 148 cm, 8 mm di spessore, sagomata a "L" 1 lastra di (b x h) 165 x 140 cm, 8 mm di spessore, con bordo destro piegato a 45° <p>Chiusura superiore</p> <p>Lastre alveolari in policarbonato trasparente montate "a tettoia":</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 lastra di (b x h) 120 x 25 cm, 25 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 138 x 25 cm, 25 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 122 x 51 cm, 25 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 123 x 51 cm, 25 mm di spessore 1 lastra di (b x h) 118 x 8 cm, 25 mm di spessore

Sintesi critica e conclusioni

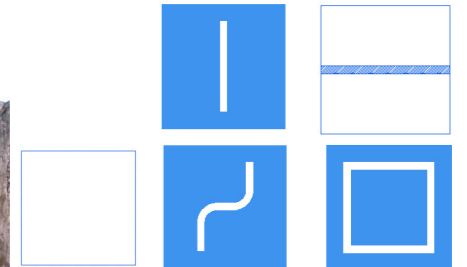
Anche sulla base degli esiti conservativi delle le lastre protettive trasparenti in policarbonato collocate nell'insula del Centenario a Pompei nel 1997, si è deciso di applicare le medesime lastre anche a protezione dei dipinti murali di via dell'Abbondanza. L'intervento è caratterizzato da leggerezza e totale reversibilità. La trasparenza è, in questo caso, caratteristica principale poiché scopo fondamentale dell'intervento è la visibilità e la corretta lettura dei dipinti murali, unitamente alla protezione dei dipinti stessi, gli elementi si annullano sulle facciate, facendo percepire solo le caratteristiche architettoniche e decorative dei fronti. Le lastre proteggono dal degrado antropico e costituiscono una preziosa protezione dai potenziali danni dai consistenti flussi di turisti.

A seguito dell'intervento, realizzato alla fine del 2005, sono state eseguite periodiche verifiche circa le condizioni delle lastre e dei dipinti murali, che non hanno rivelato forme di degrado o alterazioni nei dispositivi. I dipinti, prima della collocazione in opera sono stati oggetto di campagne spettrofotometriche al fine di rilevare i parametri cromatici; questa banca dato consentirà di verificare nel, mediante letture puntuali su medesimi dipinti, l'effettiva efficacia del policarbonato ai raggi UV e agli agenti atmosferici.

Riferimenti bibliografici

S. A. Curuni, N. Santopuoli, *Da Asellina a Verecundus: ricerca, restauro e monitoraggio sulle pitture di alcune celebri botteghe lungo via dell'Abbondanza*, Skira Editore, Milano 2007.

Lastra protettiva sagomata a protezione della caldaia, via dell'Abbondanza, Pompei



Localizzazione

Datazione del manufatto archeologico

Data dell'intervento

Dati dimensionale

Gruppo di progettazione

Regio IX, Insulae 7 e 11, sito archeologico di Pompei

I sec. d.C.

2003 - 2006

-

Soprintendenza archeologica di Pompei

Soprintendente: prof. Pietro Giovanni Guzzo

dott. A. d'Ambrosio, dott. E. De Carolis, dott. S. Vanacore

Università di Ferrara – Centro DIAPReM del Dipartimento di Architettura

Sapienza, Università di Roma, Facoltà di Architettura Valle Giulia

Il Facoltà Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna (sede di Forlì)

Triade S.r.l., Napoli

Responsabile del progetto generale di rilevamento, coordinamento delle indagini preliminari agli interventi conservativi e al progetto di restauro: prof. arch. Nicola Santopuoli

Consulenza: ing. Corrado Santarelli – Makroform S.p.A.

Fornitura materiali: Makroform S.p.A.

Montaggio: Tecno Coperture S.r.l., Napoli

Soprintendenza Archeologica di Pompei

Committente

Abstract

L'intervento si colloca nell'ambito del progetto di ricerche, restauri e monitoraggio sulle facciate di alcune botteghe su via dell'Abbondanza. Oltre alle complesse operazioni di pulitura e restauro che hanno interessato i fronti, sono state rimosse precedenti lastre in vetro e plexiglas, che avevano contribuito al danneggiamento dei dipinti sottostanti ed erano danneggiate loro stesse compromettendo la visibilità dei dipinti, sostituite con lastre in policarbonato trasparenti e trattate con i raggi UV collocate verticalmente sui fronti appena restaurati e puliti. Oltre alle lastre piane montate verticalmente al fine di proteggere i dipinti murali, è stata progettata ad hoc una lastra compatta in policarbonato sagomata con una doppia curvatura al fine di proteggere la caldaia situata a ridosso del fronte dell'officina coactiliaria o bottega dei feltrai, che risultava compromessa da un precedente intervento, una sorta di teca di vetro protetta superiormente da una tettoia montata sul muro di contenimento retrostante i fronti.

Il contesto di intervento

Oggetto del cantiere sono state le facciate di alcune botteghe poste lungo via dell'Abbondanza, decumano massimo e centro della vita commerciale dell'antica città di Pompei, le cui vestigia architettoniche riportano ancora pitture murali e iscrizioni, fondamentali testimonianze circa la società, le consuetudini e la vita quotidiana. Gli edifici oggetto di intervento sono stati, in particolare, l'officina coactiliaria o bottega dei feltrai di Verecundus (Regio IX, VII, 7-5); una casa privata (Regio IX, VII, 3); l'officina infectoria o tintoria con fornace (Regio IX, VII, 2); una seconda officina coactiliaria (Regio IX, VII, 1); il compitum con altare, ovvero il quadrivio dedicato alle divinità dell'Olimpo, e, infine, il thermopolium di Asellina (Regio IX, XI, 2). Le facciate in oggetto di studio sono state portate alla luce a partire dal 1911-1912 sotto la direzione agli scavi di Vittorio Spinazzola e senza aver scavato i locali interni, il cui sviluppo è parzialmente percepibile grazie alla disposizione dei muri di spina, ad eccezione del Thermopolio di Asellina, di cui è stato portato alla luce il vano interno dal quale si accede al piano superiore, ora ridotto a semplice terrazzo. Le facciate risultano addossate al terrapieno retrostante di materiale non scavato, trattenuto mediante muri di contenimento, le cui apparecchiature sono state realizzate al momento dello scavo utilizzando materiale locale di recupero (materiale lavico, pomici, conchi calcare, ecc.). La caratteristica più importante dei fronti è la presenza dei preziosi di-

pinti murali e delle iscrizioni elettorali, prezioso esempio storico artistico e testimoniale della vita quotidiana a Pompei in precedenza all'eruzione vulcanica che la seppellì.

Valutazione dei requisiti prestazionali

Visibilità, annullamento percettivo, protezione dagli agenti atmosferici, dall'irraggiamento, dalle sollecitazioni meccaniche e dal degrado antropico erano le esigenze principali che si sono riscontrate durante il cantiere di restauro.

In particolare, per quanto riguarda la caldaia, in piombo e decorata con stucchi sulla superficie esterna, la presenza del precedente dispositivo di protezione, una "scatola" in lastre di vetro montate su una leggera struttura metallica fissata al marciapiede con due blocchi cementizi, aveva innescato varie morfologie di degrado, era danneggiato a sua volta e non consentiva la lettura della morfologia del manufatto, snaturandone la percezione già difficoltosa in quanto addossata al muro di contenimento retrostante il fronte.

L'esigenza fondamentale era quindi di rimuovere il precedente dispositivo, restaurare la caldaia, collocare un altro sistema di protezione che, oltre a salvaguardare la caldaia dagli agenti di degrado esterni, consentisse la corretta lettura del manufatto.

La leggerezza, la totale trasparenza finalizzata alla visibilità dei dipinti murali appena restaurati, la minor invasività possibile e il minimo impatto visivo, la reversibilità, la protezione dagli agenti meteorici e dall'irraggiamento solare rappresentavano indubbiamente fattori da tenere in considerazione in fase progettuale, ma in aggiunta a queste e preponderante, era il problema del degrado antropico di manufatti esterni e alla portata di eventuali danni, anche involontari, dovuti all'intenso flusso turistico che interessa, per tutto l'arco dell'anno, il sito archeologico, problema strettamente connesso alla resistenza meccanica che i dispositivi di protezione dovevano garantire.

Il progetto di protezione

In seguito alle operazioni di analisi e studio prima e di pulitura e restauro poi, si è verificata l'esigenza di porre dei dispositivi trasparenti a protezione delle pitture murali, in sostituzione di quelle in vetro e plexiglas rimosse. Sono state poste in opera lastre in policarbonato compatto e alveolare, trasparenti Makrolon-UV della Bayer Sheet Europe.

Il progetto della lastra di protezione della caldaia è stato realizzato mediante una lastra compatta trasparente in policarbonato dello spessore di 5 mm trattata contro i raggi UV pensata innanzitutto per proteggere e "accompagnare" la visione del manufatto scegliendo una linea a doppia curvatura che ne agevolasse la corretta lettura.

È stato quindi rimosso il precedente dispositivo di protezione e la tettoia soprastante montata direttamente sul muro di contenimento del terrapieno.

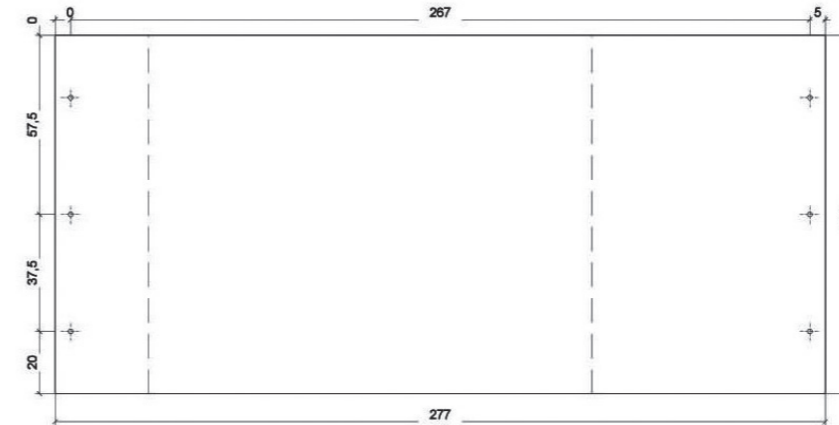


Particolari del preesistente dispositivo di protezione posto sulla caldaia: sottile struttura metallica e lastra di vetro. Il sistema si presentava degradato, opacizzato nella trasparenza del vetro e con mancanze che hanno innescato il progressivo degrado della caldaia

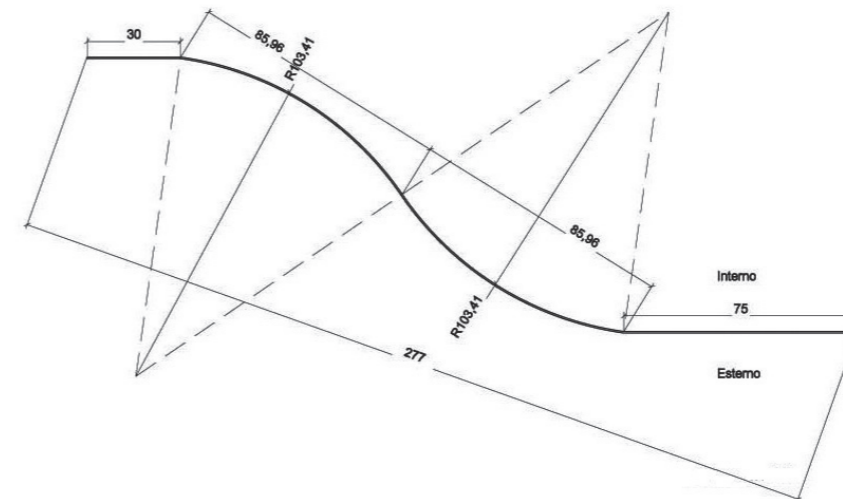


La lastra ha uno sviluppo complessivo di 277 cm piegata con due raggi di curvatura identici da un lato e dall'altro a formare una "S" e con le due parti laterali piane. L'altezza della lastra, di 115 cm da sommare ai 30 cm di altezza dei sottili appoggi a terra, è pensata al fine di evitare l'intrusione dall'alto. La lastra non è fissata né alla muratura originale né al muro di contenimento retrostante, ma è fissata ad una intelaiatura in alluminio sagomata come la lastra: il profilo segue il bordo esterno e nessun profilo metallico compromette la superficie della lastra per godere della migliore vista del manufatto. Quattro appoggi fissano l'intelaiatura della lastra al marciapiede mediante piatti metallici imbullonati.

In alto e a destra, viste della lastra in polycarbonato trasparente sagomata a protezione della caldaia



Prospetto frontale e sezione orizzontale della lastra sagomata, in cui sono evidenti la doppia curvatura e le estremità rettilinee



Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria	Originaria: protezioni definite mediante lastra sagomata montata verticalmente

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	-
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	-
Chiusura verticale	Lastra compatta in polycarbonato, trasparente; multi UV con pellicola verso l'interno per favorire lo scivolamento di eventuali acque meteoriche; In dettaglio: 1 lastra di (b x h) 277 x 115 cm, 5 mm di spessore, sagomata a doppia curvatura
Chiusura superiore	-

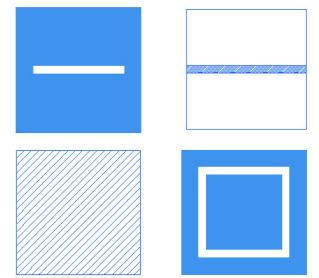
Sintesi critica e conclusioni

Il progetto di protezione illustra chiaramente le potenzialità del materiale di sintesi trasparente sagomato ad hoc al fine di realizzare una forma in grado di suggerire la morfologia originale del manufatto e accompagnare lo sguardo del visitatore. La perfetta trasparenza, le possibilità attuali del policarbonato in termini di protezione dall'irraggiamento solare dannoso, le elevate proprietà di resistenza meccanica del materiale, anti urto e assolutamente anti rottura fragile, costituiscono caratteristiche uniche compresenti in un solo materiale, che ha consentito la sagomatura del dispositivo di protezione assicurando inoltre la migliore la protezione dal degrado antropico da contatto

Riferimenti bibliografici

S. A. Curuni, N. Santopuoli, *Da Asellina a Verecundus: ricerca, restauro e monitoraggio sulle pitture di alcune celebri botteghe lungo via dell'Abbondanza*, Skira Editore, Milano 2007.

Copertura del Foro dell'antica Puteoli, Pozzuoli



Localizzazione	Pozzuoli, Napoli
Datazione del manufatto archeologico	I sec. a.C. - IV sec. d.C.
Data dell'intervento	2007
Dati dimensionale	225 mq ca.
Autore dell'intervento	ATI Vincenzo Modugno S.r.l Costruzioni – Restauri SO.V.ED S.r.l I.CO.RESS S.r.l Tecno Coperture S.r.l Progettazione esecutiva: ing. Salvatore Petriccione Direzione lavori e sicurezza: arch. Guido Gullo Responsabile sicurezza in fase di esecuzione: arch. Giuseppe Bruno
Committente	Soprintendenza per i Beni Archeologici di Napoli e Caserta

Abstract

L'intervento di copertura dell'area del Foro dell'antica Puteoli rientra nell'ambito del progetto complessivo di scavo, restauro e valorizzazione dell'area stessa.

In conseguenza ai lavori è stato deciso, da parte della Soprintendenza per i Beni Archeologici di Napoli e Caserta di provvedere ad una protezione permanente dell'area, mediante una struttura di copertura che garantisca la protezione dei resti e fosse adeguata alla visibilità,

essendo il sito collocato lungo una pubblica via.

Il progetto si è concretizzato con l'edificazione di una copertura definita da pilastri in acciaio e struttura secondaria di copertura in alluminio, su cui sono fissate lastre in policarbonato compatto traslucido, di colore grigio, al fine di assicurare una diffusione della luce nell'ambito coperto e assicurare resistenza agli agenti atmosferici e all'irraggiamento solare, dannoso per i reperti.

Le lastre sono infatti dotate di protezione contro i raggi UV.

Il contesto di intervento

In età augustea, l'espansione dell'area urbana di Puteoli verso la zona alta determinò la creazione di un nuovo Foro, più adeguato all'importanza della città. Posto su una terrazza esso era definito da due assi ortogonali che lo collegavano da un lato all'acropoli e dall'altro alla viabilità extraurbana; questi due assi sono ancora rintracciabili nei *basoli* rinvenuti in due vie attualmente in zone prossime all'antico Foro.

Abbandonato dopo il IV sec. d.C. il Foro fu coperto da una strada e da strati di sabbia e pozzolana. I resti scavati venuti alla luce nel 2000 si trovano al di sotto dell'attuale livello stradale.

Valutazione dei requisiti prestazionali

La collocazione dei resti lungo una pubblica via, ha reso necessario un progetto di protezione permanente con caratteristiche di leggerezza, e valutazioni circa l'impatto ambientale.

I resti rinvenuti richiedevano protezione dagli agenti atmosferici e dall'irraggiamento solare attraverso una struttura che, oltre a rispondere alle esigenze prettamente protettive per la materia antica rinvenuta,

Vista esterna complessiva della struttura di copertura a protezione dei resti dell'antico foro, posti ad una quota inferiore rispetto a quella stradale



doveva anche valorizzare il sito, creando una struttura che evidenziasse i resti, collocati al di sotto dell'attuale livello stradale, emergendo in forma di "tettoia" ma con caratteristiche e materiali propri di un intervento permanente.

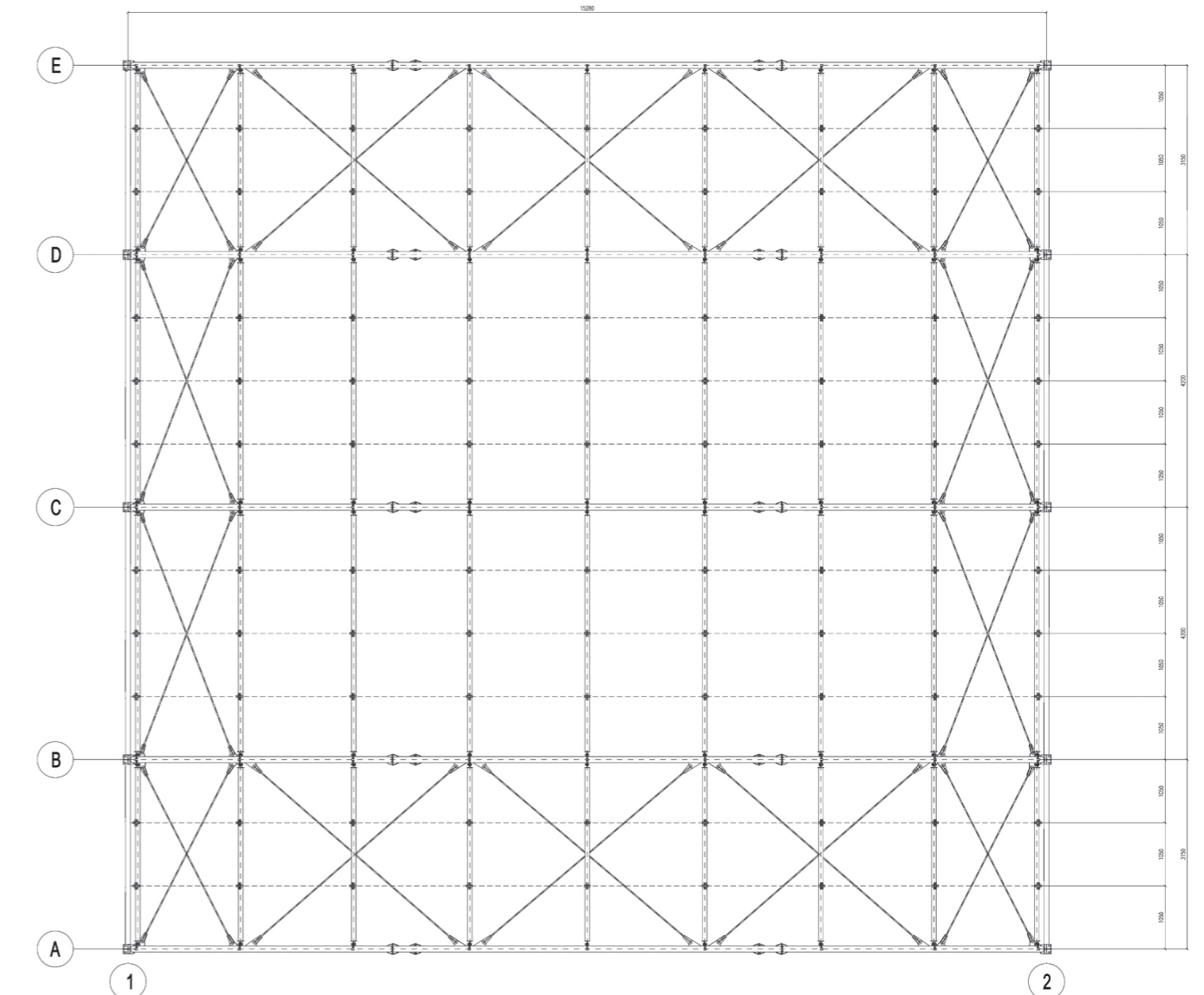
Il progetto di intervento

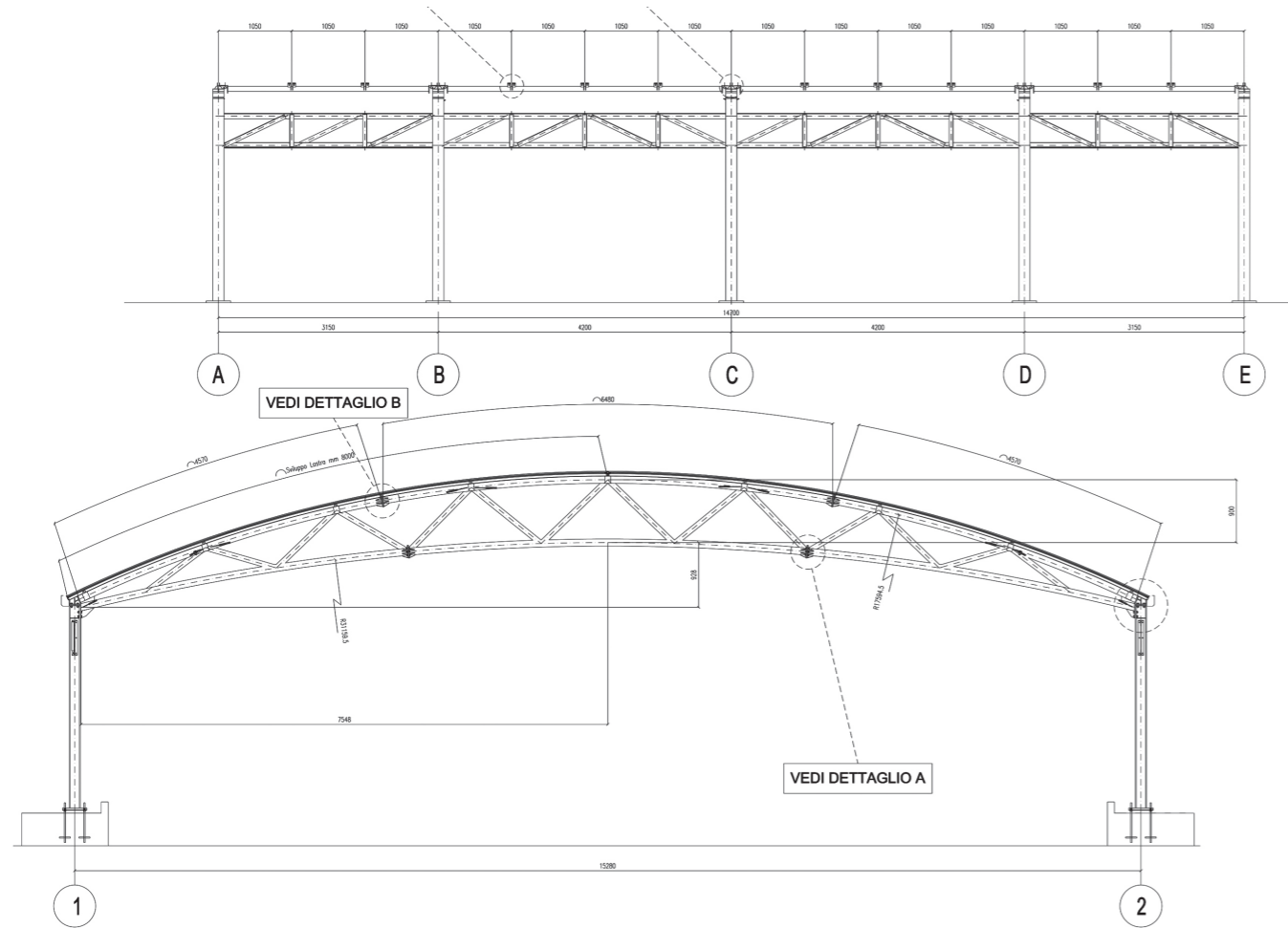
Il progetto di copertura, realizzato nell'anno 2007, è a forma di "tettoia" curvilinea, aperta quindi da tutti i lati ad eccezione della chiusura orizzontale superiore protettiva.

La struttura portante di elevazione è costituita da pilastri in acciaio, travi reticolari di bordo e cinque travi reticolari principali curvilinee, sempre in acciaio. La struttura secondaria di copertura è in alluminio, sulla quale sono fissati i pannelli di copertura.



Vista dell'intradosso della copertura; il manto è in lastre compatte traslucide di policarbonato





La copertura è traslucida, composta da pannelli compatti di policarbonato della Bayer Sheet Europe con superficie interna gofrata, superficie esterna liscia, di colore grigio. Le lastre rispondono alle caratteristiche di resistenza agli urti, all'abrasione, ottima resistenza agli agenti atmosferici e presentano trattamento di resistenza ai raggi UV.

Dati sintetici di intervento in riferimento alle soluzioni tecnologiche adottate

Tipologia	Permanente
Volumetria di progetto	Corpo singolo, volume regolare

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA TECNOLOGICO IMPIEGATO

Fondazione	Diretta superficiale; plinti in c.a.
Struttura di elevazione verticale e orizzontale	Pilastri in acciaio HE; travi reticolari di bordo e cinque travi reticolari principali curvilinee in acciaio; struttura secondaria in alluminio
Chiusura verticale	Assente
Chiusura superiore	Lastre in policarbonato compatto traslucido, spessore 5 mm, superficie interna gofrata, superficie esterna liscia, colore grigio

Sintesi critica e conclusioni

La caratteristica della trasparenza è, in questo caso, affidata all'effetto di traslucenza delle lastre, al fine di creare un effetto di diffusione luminosa garantendo al contempo tutte le caratteristiche di resistenza meccanica, agli agenti atmosferici e all'irraggiamento solare diretto. Le caratteristiche della struttura, in relazione al montaggio, presentano una relativa leggerezza e rapidità di montaggio. La protezione agli agenti atmosferici è garantita per quanto riguarda il manto di copertura e la protezione dall'irraggiamento, ma la struttura è aperta su tutti i lati, e non sono presenti particolari accorgimenti a livello microclimatico. La struttura non interferisce col sito, e presenta caratteristiche di reversibilità. L'impatto visivo-percettivo è piuttosto elevato, nonostante vengano rispettate le caratteristiche di riconoscibilità e, secondo le intenzioni di progetto, di valorizzazione del sito, requisito soddisfatto solo dal punto di vista della evidenziazione dei reperti scavati.

Riferimenti bibliografici

Il progetto non risulta edito in alcuna pubblicazione. Tutti i dati sono stati forniti da Tecno Coperture S.r.l

Il quadro normativo di riferimento

8.1 Note introduttive

Le proprietà fisico-meccaniche delle materie plastiche sono completamente diverse dagli altri materiali, ed esse sono impiegate, in modo trasversale, in moltissimi settori, applicazioni, attività industriali, produttive e nei beni di largo consumo; questo ha reso necessaria l'elaborazione di un gruppo di norme molto vasto.

Nel paragrafo 8.2, ad eccezione di alcune considerazioni generali introduttive circa il riferimento per il quadro normativo riguardante le materie plastiche, vengono fornite le specifiche normative per quanto riguarda i componenti (quindi le lastre, tipi, dimensioni e caratteristiche) limitando il campo alle materie plastiche trasparenti, e indicando poi i principali riferimenti normativi per quanto riguarda le specifiche proprietà ottiche, e quindi connesse alla trasparenza dei materiali, indicando le principali norme reperite non solo attraverso la consultazione degli appositi organi normatori e sulle pubblicazioni in materia ma anche desunte dalle informazioni e dalle schede tecniche fornite dalle aziende.

In aggiunta alle norme riguardanti le materie plastiche sopra descritte, vengono riportate nel paragrafo successivo considerazioni circa la colorimetria, disciplina che abbia la scienza esatta (fisica) con gli aspetti della percezione. Essa è strettamente connessa al tema della luce e della trasmissione luminosa e rappresenta un metodo attraverso cui verificare le risposte prestazionali dei dispositivi trasparenti in termini conservativi per le superfici storiche.

Affrontare la *materia trasparente* in rapporto alla *materia antica* non significa solo definire un quadro esigenziale e prestazionale legato ai componenti, ma anche trasferire una condizione concettuale. Le caratteristiche tecniche dei materiali plastici, in forme di elementi di chiusura

verticali od orizzontali, di lastre protettive o di pannelli, e la proprietà della trasparenza rappresentano, negli interventi sulla materia antica, un sistema di protezione e un “mezzo” di fruizione con grandi potenzialità legate agli ampi livelli di compatibilità, anche sul piano teorico/critico, con i requisiti che un intervento sulle superfici storiche richiede. Al fine di strutturare questo collegamento è riportato nell’ultimo paragrafo un inquadramento, per linee fondamentali, dei principali riferimenti culturali e normativi per quanto riguarda l’ambito del restauro.

8.2 Le materie plastiche e le loro proprietà ottiche

UNIPLAST¹, ente federato UNI gestisce l’attività normativa nazionale nel settore delle materie plastiche, interfacciando a livello internazionale i Comitati tecnici CEN (Comité Européen Normalisation) e ISO (International Organization for Standardization), che si occupano di materie plastiche e dei prodotti realizzati con esse.

A livello nazionale i lavori di normazione si suddividono nell’ambito di 27 sotto-commissioni che trattano tutti gli argomenti del settore, dalla caratterizzazione delle materie plastiche, alle loro destinazioni d’uso, al riciclaggio.

Le principali norme che si è ritenuto opportuno riportare sono:

NOMENCLATURA

UNI EN ISO 472:2002	Materie plastiche: vocabolario
UNI EN ISO 1043-1:2002	Materie plastiche - Simboli ed abbreviazioni - Polimeri di base e loro caratteristiche speciali

MATERIA DI LAVORAZIONE

UNI EN ISO 7391-1:2006	Materie plastiche - Policarbonato (PC) per stampaggio ed estrusione - Parte 1: Sistema di designazione e base per specifiche
UNI EN ISO 7391-2:2006	Materie plastiche - Policarbonato (PC) per stampaggio ed estrusione - Parte 2: Preparazione dei provini e determinazione delle proprietà
UNI ISO 8257-1:2006	Materie plastiche – Materiali per stampaggio ad estrusione a base di poli(metilmetacrilato) (PMMA)- Parte 1: Designazione

UNI ISO 8257-2:2006	Materie plastiche – Materiali per stampaggio ad estrusione a base di poli(metilmetacrilato) (PMMA)- Parte 1: Preparazione dei provini e determinazione delle proprietà
----------------------------	--

COMPONENTI (LASTRE)

UNI EN ISO 11963:1997	Materie plastiche - Lastre di policarbonato -Tipi, dimensioni e caratteristiche
UNI EN ISO 7823-1:2005	Materie plastiche - Lastre di polimetilmetacrilato -Tipi, dimensioni e caratteristiche - Parte 1: Lastre colate
UNI EN ISO 7823-2:2004	Materie plastiche - Lastre di polimetilmetacrilato -Tipi, dimensioni e caratteristiche - Parte 2: Lastre estruse
UNI EN ISO 7823-3:2008	Materie plastiche - Lastre di polimetilmetacrilato -Tipi, dimensioni e caratteristiche - Parte 3: Lastre colate continue
UNI 6774:1970	Lastre ondulate traslucide di materia plastica rinforzata con fibre di vetro - Generalità e prescrizioni
UNI 10452:1995	Lastre ondulate ed alveolari di materiale plastico trasparente, incolore o traslucido per serre ed apprestamenti analoghi. Tipi, dimensioni, requisiti e metodi di prova
UNI EN 1013-1:1999	Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice - Requisiti generali e metodi di prova
UNI EN 1013-2:2000	Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice - Requisiti specifici e metodi di prova per lastre di resina poliestere rinforzata con fibra di vetro (PRFV)
UNI EN 1013-3:1999	Lastre profilate di materia plastica, che trasmettono la luce, per copertura a parete semplice - Requisiti specifici e metodi di prova per lastre di policloruro di vinile (PVC)

DETERMINAZIONE DELLE QUALITÀ OTTICHE E CONNESSE ALLA TRASMISSIONE LUMINOSA

UNI 8028:1979	Lastre e fogli trasparenti di materie plastiche – Determinazione della trasmittanza luminosa e della torbidità
UNI EN ISO 13468-1:1998	Materie plastiche - Determinazione della trasmittanza luminosa totale di materiali trasparenti - Strumento a fascio unico
UNI EN ISO 13468-2:1998	Materie plastiche - Determinazione della trasmittanza luminosa totale di materiali trasparenti - Parte 2: Strumento a fascio doppio

UNI EN ISO 489:2001	Materie plastiche - Determinazione dell'indice di rifrazione
UNI EN ISO 4892-1:2002	Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Guida generale
UNI EN ISO 4892-2:2006	Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 2: Lampade ad arco allo Xeno
UNI EN ISO 4892-3:2006	Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade fluorescenti UV
UNI ISO 4582:1985	Materie plastiche - Determinazione delle variazioni di colore e delle variazioni di proprietà dopo esposizione alla luce naturale sotto vetro, agli agenti atmosferici o alla luce artificiale

La norma UNI 7823-1:2005 "Caratteristiche dimensionali, di aspetto, meccaniche, ottiche e di resistenza ai fattori ambientali delle lastre colate in polimetilmetacrilato (PMMA)", riporta che la trasmittanza di luce totale deve essere determinata utilizzando una sorgente di luce D65 in conformità alla ISO 1346-1 su provini con spessore da 1,5 mm a 5 mm.

La torbidità deve essere determinata in conformità alla ISO 14872 su provini con spessore da 1,5 mm a 5 mm.

La trasmittanza della luce a 420 nm prima e dopo l'esposizione per 1000 h ad una lampada allo xeno conforme alla ISO 4892-2:1994.

L'indice di rifrazione deve essere determinato in conformità alla ISO 489:1999 metodo A.

Valori richiesti

	Prova ISO 13468-1	%
Trasmittanza totale alla luce (lastre incolore trasparenti)		90 min
Trasmittanza a 420 nm, spessore 3 mm		
Lampada allo xeno - prima		90 min
Dopo 1000 h		88 min

La norma UNI 7823-2:2004 "Materie plastiche - Lastre di polimetilmetacrilato - Tipi, dimensioni e caratteristiche - Parte 2: Lastre estruse" riporta:

Trasmittanza totale	Prova ISO 13468-1	%
Spessore < 12		91 min
Spessore 12 ≤ s < 20		90 min

L'indice di rifrazione secondo la ISO 489:1999 metodo A è, per il PMMA, 1,49. Si rammenta che normalmente l'indice di rifrazione è espresso mediante n_D in pedice, poiché, dipendendo dalla lunghezza d'onda della luce, in è misurato secondo la curva-D-sodio a 589 nm².

La norma UNI 11963:1997, "Materie plastiche - Lastre di policarbonato (PC) - Tipi, dimensioni e caratteristiche", per quanto riguarda le proprietà ottiche, pone come requisiti delle proprietà fondamentali:

Trasmmissione luminosa totale T (380 - 780 nm)	Prova ISO 13468-1	%
Spessore 1,5 mm		≥ 85
Spessore 4 mm		≥ 82
Spessore 6 mm		≥ 80
Spessore 12 mm		≥ 75

L'indice di rifrazione secondo la ISO 489:1999 metodo A è, per il PC, 1,59.

Per quanto riguarda il comportamento ottico in particolare delle materie plastiche che possiedono la caratteristica della trasparenza alla luce, queste materie plastiche trasparenti non differiscono molto dai vetri inorganici riguardo alle proprietà ottiche e che diverse materie plastiche possiedono una maggiore trasparenza nel campo dello spettro della luce visibile e possono essere più trasparenti anche nel campo ultravioletto o infrarosso³. Come misura della trasparenza alla luce si impiega, secondo la norma UNI EN ISO 489:2001, il fattore di trasmissione τ , quoziente tra il flusso luminoso dopo e prima del materiale da provare, da cui risulta la percentuale.

Questo fattore ingloba, oltre all'assorbimento, anche la dispersione (diffusione) e le perdite per riflessione (che si verificano sul lato anteriore e posteriore del provino). Il fattore di trasmissione viene determinato in generale in aria e indicato come funzione delle lunghezze d'onda (vedi Cap. 1).

Il tipo di prova per la trasparenza (per la trasmissione luminosa) riportata nelle schede tecniche dei materiali commercializzati è la DIN 5036. È indicata in percentuale e riferita ai singoli spessori prodotti per le lastre⁴, poiché normalmente, all'aumentare dello spessore della lastra trasparente diminuisce la percentuale di trasmissione luminosa.

Altre case produttrici, utilizzano come parametro di trasmissione lumi-

nosa il dato in percentuale riferito alla ASTM D1003 (America Society for Testing and Materials).

Nel confronto con le normative relative al vetro, si può riscontrare che, mentre per le materie plastiche non compaiono, per il vetro sono presenti le prove di invecchiamento UV per irraggiamento solare.

UNI 7499/1975	Prove sul vetro – Misura spettrofotometrica del colore
UNI 7885/1978	Prove sul vetro – Determinazione dei fattori di trasmissione dell'energia solare
UNI 8034/1978	Prove sul vetro – Determinazione della trasmissione luminosa in illuminante A, con spettrofotometro
UNI EN 13363-1/2008	Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate – Calcolo della trasmittanza solare e luminosa – Parte 1: Metodo semplificato
UNI EN 13363-1/2006	Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate – Calcolo della trasmittanza solare e luminosa – Parte 1: Metodo di calcolo dettagliato
Publication CIE n. 15 1976	Trasmittanza spettrale UV (200-380 nm) VIS (380-760 nm) NIR (760-2500 nm) IR (2500-50000 nm) - Misura del colore (curva di trasmissione VIS + colore)
EN 673:1997	Riflettanza spettrale UV (200-380 nm) VIS (380-760 nm) NIR (760-2500 nm) IR (2500-50000 nm) Parametri luminosi (illuminante A) con sfera integrante di diametro 0,5 metri - Trasmissione luminosa (per ogni angolo) - Riflessione luminosa (per ognuno dei 4 angoli: 8°, 20°, 40°, 60°) - Curva di trasmissione angolare completa - Curva di riflessione angolare completa - Trasmissione e riflessione luminosa per illuminazione diffusa - Emissività secondo (Riflettanza IR + calcolo parametro)
EN 410:1998, EN 673:1997	Calcolo parametri: Indice di rifrazione, per ognuna delle lunghezze d'onda: 486, 589, 656, 706 nm Curva di dispersione completa nel visibile. Numero di Abbe. Indice di rifrazione nel visibile ad una lunghezza d'onda diversa da 486, 589, 656, 706 nm (attraverso la misura della curva di dispersione completa)
EN 1279-2:2002	Vetrate isolanti: prove di invecchiamento
EN 1279-4:2002	Vetrate isolanti: determinazione delle proprietà fisiche della sigillatura dei bordi
UNI EN ISO 12543-4:2000	Vetri stratificati: prove di invecchiamento UV per irraggiamento solare

8.3 Le principali norme di colorimetria

Le norme sulla colorimetria vengono riportate sia in quanto strettamente connesse al tema della luce e della trasmissione luminosa (vedi cap. 1), sia perché l'acquisizione dei dati colorimetrici rientra nel progetto conservativo, laddove sia necessario un controllo tramite parametri numerici, dello stato di conservazione superficiale, specialmente per quanto riguarda le superfici dipinte, o in interventi come la pulitura superficiale, dove diviene fondamentale il monitoraggio al fine di coadiuvare la scelta del livello di pulitura da raggiungere. La colorimetria è strettamente connessa al tema della luce e della trasmissione luminosa e rappresenta un metodo attraverso cui verificare le risposte prestazionali dei dispositivi trasparenti in termini conservativi per le superfici storiche; essa è connessa alla fruizione (per quanto riguarda l'aspetto percettivo) e alla conservazione (in termini di valutazione dell'invecchiamento e della durata del materiale).

Le principali norme in materia di colorimetria sono:

UNI 7948:1987	Colorimetria. Termini e definizioni
UniNormal 43/93	Misure colorimetriche strumentali di superfici opache
UNI 8813:1986	Edilizia. Sistema di specificazione del colore
UNI 8941-1:1987	Superficie colorate. Colorimetria. Principi
UNI 8941-2:1987	Superficie colorate. Colorimetria. Misura del colore
UNI 8941-3:1987	Superficie colorate. Colorimetria. Calcolo di differenze di colore
UNI 7823:1987	Determinazione del colore di una superficie piana. Metodo per riflessione
ASTM D 2244-79 (R.81)	Misure delle coordinate colorimetriche
UNI 9000:1988	Calcolo di differenze di colore. Formula Unilab
UNI 9810:1991	Denominazione dei colori
UNI 10623:1998	Colorimetria - Compensazione delle differenze di brillantezza (gloss) nella misurazione del colore delle superfici
UNI 10701:1999	Colorimetria - Campione di Riferimento Secondario (CRS) - Interpretazione ed utilizzo dei dati colorimetrici all'atto della richiesta di un prodotto con colore a campione

8.4 Principali riferimenti per il restauro

“Carta del restauro italiana” (1931)

“Carta di Venezia” (1964)

Carta del restauro italiana del Ministero della Pubblica Istruzione (1972)

Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (2002)

La collocazione del tema di ricerca nello specifico campo dell'applicazione della trasparenza a protezione dei beni storico-architettonici rende necessario un inquadramento, per linee fondamentali, dei principali riferimenti culturali e normativi per quanto riguarda l'ambito del restauro, limitandosi ad alcune precisazioni e rimandando alla specifica letteratura in materia per approfondimenti. Mentre è stato ritenuto opportuno fornire un più preciso elenco normativo legato alle proprietà dei materiali trasparenti, si propongono in questo paragrafo alcune linee di approccio relative agli interventi sull'architettura storica. L'excursus completo di carte, dichiarazioni, norme istruzioni nazionali e internazionali⁵, nei loro progressivi accrescimenti e sviluppi in termini di definizioni e indicazioni di intervento, è un'operazione che non può trovare sede in questo contesto, dove la trattazione si limita invece alla citazione di alcuni dei momenti fondamentali per il restauro italiano, in connessione, in particolare, con il recepimento delle tecnologie volta per volta contemporanee, e dei principali indirizzi di approccio metodologico in tema di leggerezza, minimo intervento, reversibilità e corretta visibilità e *comprensione* del manufatto storico.

La chiave trasversale di *lettura* della trasparenza è stata quindi riferita alla protezione, alla conservazione, alla valorizzazione e al principio della corretta lettura e visibilità del bene.

Già nel 1931, la Carta italiana del restauro, all'art. 7, in relazione alle aggiunte "che si dimostrassero necessarie [...] il criterio essenziale da seguirsi debba essere, oltre a quello di limitare tali nuovi elementi al minimo possibile, anche quello di dare ad essi un carattere di nuda semplicità e rispondenza allo schema costruttivo [...]"⁶. Nello stesso documento, all'art. 8 si specifica che "siffatte aggiunte devono essere accuratamente ed evidentemente designate [...] con l'impiego di materiale diverso dal primitivo"⁷. Si aggiunge, nell'articolo successivo, che al fine di porre difesa alla "compagine stanca del monumento [...] tutti i mezzi costruttivi modernissimo possano recare ausili preziosi [...]; e che del pari, tutti i sussidi sperimentali delle varie scienze debbano essere chiamati a contributo per tutti gli altri temi minuti e complessi di conservazione delle strutture fatiscenti, nei quali ormai i procedimenti empirici debbono cedere il campo a quelli rigidamente scientifici"⁸. Una chiara indicazione è data anche per quanto riguarda lo scavo e tutte le operazioni di rimessa in luce di monumenti antichi, lavoro "immediatamente seguito dalla sistemazione dei ruderi e dalla stabile protezione di quelle opere [...] che possano conservarsi in situ"⁹.

Nel documento fondamentale elaborato immediatamente dopo la Carta del 1931¹⁰ si aggiorna l'art. 7 affermando, nell'art. 4, che l'eventuale aggiunta deve essere "contenuta nei limiti della più assoluta semplicità ed eseguita con materiali e tecniche che ne attestino la modernità [...] ed evitino ogni possibile confusione con l'antico"¹¹.

Già nel 1964, con la Carta di Venezia, si indica nelle definizioni di

apertura del documento, all'art. 2: "La conservazione ed il restauro dei monumenti costituiscono una disciplina che si vale di tutte le scienze e di tutte le tecniche che possano contribuire allo studio ed alla salvaguardia del patrimonio monumentale"¹², nel 1972 oltre a definire la salvaguardia come qualsiasi provvedimento conservativo che non implichi l'intervento diretto sull'opera e del restauro qualsiasi intervento volto a mantenere in efficienza, a facilitare la lettura e a trasmettere integralmente al futuro le opere¹³, viene evidenziato per la prima volta il principio della reversibilità, al quale viene collegato, anche se non chiaramente, quello della compatibilità dei materiali. All'articolo 8 si afferma infatti che "ogni intervento sull'opera [...] deve essere eseguito in modo talee con tali tecniche e materie da potere dare affidamento che nel futuro non renderà impossibile un nuovo eventuale intervento di salvaguardia o di restauro"¹⁴. Nel documento del 1972 è contemplata e disciplinata un'accezione innovativa, e peraltro, interdisciplinare, nell'uso di nuovi materiali all'art. 9, dove si afferma che "l'uso di nuovi procedimenti di restauro e di nuove materie il cui uso è vigente o comunque ammesso dovrà essere autorizzato dal Ministero della Pubblica Istruzione su conforme e motivato parere dell'Istituto Centrale del Restauro, a cui spetterà anche di promuovere azioni presso il Ministero stesso per sconsigliare materie e metodi antiquati [...] suggerire nuovi metodi e l'uso di nuove materie, definite le ricerche alle quali si dovesse provvedere con un attrezzatura e con specialisti al di fuori dell'attrezzatura e dell'organico a sua disposizione"¹⁵. Di rilevante significato per quanto riguarda la percezione dei sistemi di protezione, all'articolo 10 si riporta che "i provvedimenti intesi a preservare dalle azioni inquinanti e dalle variazioni atmosferiche, termiche e idrometriche [...] non dovranno essere tali da alterare sensibilmente l'aspetto della materia e il colore delle superfici, o da esigere modifiche sostanziali e permanenti dell'ambiente in cui le opere storicamente sono state trasmesse. Qualora tuttavia modifiche del genere fossero indispensabili per il superiore fine della conservazione [...] dovranno essere fatte in modo da evitare qualsiasi dubbio sull'epoca in cui sono state eseguite e con le modalità più discrete"¹⁶.

I principi e le disposizioni fino a qui riportate, trovano la forma più aggiornata nel Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio¹⁷, di cui si evidenziano in particolare l'art. 6 delle Disposizioni Generali, in cui viene definito il concetto di valorizzazione come esercizio delle funzioni e disciplina delle attività dirette a promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e ad assicurare le migliori condizioni di utilizzazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso, e la Sezione II del Capo III, "Misure di conservazione".

Le fondamentali fasi conoscitive e l'approccio critico conservativo all'intervento di restauro sono le basi affinché si agisca con coscienza e al

fine di tentare di far convivere tutti gli aspetti, materiali e immateriali che un intervento sui beni storico-architettonici richiede.

Senza voler proporre necessariamente un'apologia della proprietà della trasparenza o delle materie di sintesi, i passaggi storici della disciplina contenuti nelle carte del restauro consentono una riflessione circa l'apporto della tecnologia e dei nuovi materiali negli interventi, che hanno realizzato nel tempo la materializzazione dei principi di reversibilità, leggerezza, minimo intervento e proprietà connesse alla *lettura* e alla percezione.

Note

¹ UNIPLAST segue direttamente l'attività di quattro TC europei: il CEN/TC 155 "Sistemi di tubazioni e condotte di materie plastiche", il CEN/TC 210 "Contenitori per liquidi in PRFV", il CEN/TC 249 "Materie plastiche" e il CEN/TC 266 "Serbatoi fissi di materiale termoplastico". Due sono i TC seguiti a livello internazionale: l'ISO/TC 61 "Materie plastiche" e l'ISO/TC 138 "Tubi, raccordi e valvole di materia plastica per il trasporto di fluidi". Cfr. il sito ufficiale www.uniplast.info, visitato al febbraio 2009 e il catalogo UNI www.uni.com, visitato al febbraio 2009.

² H. Seachtling, *Manuale delle materie plastiche*, Edizione Tecniche Nuove, Milano 2006, p. 138.

³ Ivi., p. 131.

⁴ Sono state confrontate le schede tecniche fornite da un campione di un'azienda e relative a lastre trasparenti in policarbonato e in polimetilmetacrilato e in particolare: Caoduro, Bayer Sheet Europe, Röhm Italia, Altuglas International (Gruppo Arkema), Bencore – Structural plastic panels.

⁵ Ci riferisce almeno ai seguenti documenti: *Decreto e circolare del Ministero della Pubblica Istruzione* (Decreto ministeriale 21 luglio 1882 sui restauri degli edifici monumentali e circolare del 21 luglio 1882 n. 683 bis sui restauri degli edifici monumentali), *Deliberazione della conferenza internazionale per la protezione e la conservazione dei monumenti di arte, storia*, detta "Carta di Atene" (1931), "Carta del restauro italiana" (1931), pubblicata nel "Bollettino d'Arte" nel gennaio 1932, *Istruzioni per il restauro dei monumenti* (post 1938), *Carta internazionale per la conservazione e il restauro dei monumenti e dei siti*, detta "Carta di Venezia" (1964), *Carta del restauro italiana del Ministero della Pubblica Istruzione* (1972), *Carta europea del patrimonio architettonico* (1975), *Dichiarazione di Amsterdam* (1975), *Indicazioni della commissione nazionale per le opere d'arte all'aperto* (1980), *Criteri e metodi per il restauro architettonico* (documento redatto a Roma dal Comitato Italiano dell'ICOMOS d'intesa con il Comitato di Settore per i beni ambientali e architettonici, 1991), *Raccomandazione del consiglio d'Europa per la manutenzione e la protezione del patrimonio storico dai fattori di degrado* (1997), fino al *Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio* (2002).

⁶ Cfr. la Carta italiana del restauro del 1931 riportata nella sezione "Appendici" in G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, Liguori Editore, Napoli 1997, p. 653.

⁷ *Ibidem*.

⁸ *Ibidem*.

⁹ Cfr. *Codici per la conservazione del patrimonio storico - Cento anni di riflessioni, "grida" e carte*, a cura di Ruggero Boschi, Pietro Segala, Nardini Editore, Firenze 2006, p. 73.

¹⁰ "La carta del restauro, elaborata dal consiglio superiore delle Antichità e Belle Arti nel 1931, e rimasta allo stato norma interna per l'attività dell'Amministrazione, fu oggetto di esame e di discussione al I Convegno dei Soprintendenti, tenuto a Roma nel luglio del '38. In quel convegno veniva anche proposta la creazione di un Istituto Centrale per il Restauro e [...] il Ministro disponeva che un nuovo testo venisse elaborato e dichiarava di voler dare alla carta del Restauro forza e valore di legge. Elaborandosi frattanto la nuova legge sulla tutela del patrimonio artistico, una nuova condizione e un nuovo sostegno legali si offrivano alla difficile enunciazione della Carta; la quale oggi, dopo l'approvazione e l'entrata in vigore della nuova legge, può più organicamente articolarsi alla legge riformata in ordine ai più moderni criteri giuridici e tecnici", pur rimanendo, le norme elaborate nel 1938, senza forza di legge; in G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, op. cit., pp. 654-655.

¹¹ G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, op. cit., p. 657.

¹² Ivi., p. 659.

¹³ Art. 4 della Carta italiana del restauro (1972) in *Codici per la conservazione del patrimonio storico*, op. cit., p. 89.

¹⁴ Ivi., pp. 90-91.

¹⁵ Ivi., p. 91.

¹⁶ *Ibidem*.

¹⁷ Decreto Legislativo n. 51 del 22/01/2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24/02/2004, riportata in *Codici per la conservazione del patrimonio storico*, op. cit., pp. 280-329.

Conclusioni e proposte di sviluppo futuro

9.1 Sintesi conclusiva della ricerca

La trasparenza è complessivamente una caratteristica tuttora molto difficile da gestire, sfruttare, potenziare, in campo conservativo anche quando è affidata al vetro.

Come spesso accade per molti ambiti che si interfacciano al settore dei beni culturali, la ricchezza di potenziale che è a disposizione dell'industria da un lato e degli enti che operano sui beni dall'altro risulta complessa nella comprensione reciproca ed inaccessibile all'atto pratico, in forma ambivalente. Un gap che si ripercuote sugli effetti positivi volti alla conservazione ed anche sull'innescare di un circuito di investimenti virtuoso che possa riportare ricchezza dove già esiste da molto tempo.

Il tema di questa ricerca, che stimola l'atto di conoscenza a più livelli, rivela come un punto di vista troppo settoriale possa limitare e ridurre l'efficacia di un processo di innovazione e di sperimentazione molto ampio e vocato. La vocazione infatti della "materia trasparente" ad essere soggetto non solo interessante sul piano applicativo ma anche strategico sul piano progettuale nell'ambito del restauro architettonico costituisce il vero obiettivo della trattazione.

È un filo (forse *trasparente* ma altrettanto *resistente*) che lega tutti i capitoli e sottende lo sforzo critico che queste conclusioni completano.

Le problematiche della conservazione e della valorizzazione del patrimonio archeologico richiedono di valutare con molta attenzione non solo il progetto ma anche il processo metodologico che porta a definire la griglia di scelte possibili. È un percorso che spesso non si attua, che raramente si completa, che pochissime volte raggiunge, anche solo parzialmente, un risultato. La rinuncia non è solo indotta da logiche

di investimento, ma soprattutto dalla difficoltà di comprensione di un approccio tecnologico che sia portatore di nuove risposte ad esigenze antiche.

Alcune limitazioni riscontrate nei contesti di ricerca:

- la "materia trasparente" è stata molte volte utilizzata come mera componentistica di chiusura;
- le materie plastiche trasparenti sono state per lo più sviluppate attraverso un processo di metamorfismo che surroga il vetro: un'imitazione del risultato percettivo che porta ad un'imitazione formale nella logica con cui il componente viene progettato, pur avendo tutt'altre prerogative;
- molti degli aspetti prestazionali valutati criticamente nella ricerca dimostrano come i progressivi successi di sperimentazione delle materie plastiche in altri campi della produzione industriale possano essere utilmente trasferiti nella risoluzione delle problematiche conservative dei contesti archeologici.

Tra i risultati raggiunti dalla ricerca, si segnalano:

- l'individuazione delle criticità principali nello "scollamento" tra esigenze del progetto conservativo e aziende produttrici;
- l'individuazione delle potenzialità del campo di applicazione indagato, tramite i rapporti intercorsi con il mondo della produzione e in relazione ai casi applicativi analizzati;
- l'inquadramento degli aspetti metodologici in relazione all'utilizzo dei materiali trasparenti nell'ambito del restauro e della conservazione;
- l'individuazione di specifici segmenti di innovazione applicabili ai componenti trasparenti in contesti conservativi;
- una raccolta di progetti di riferimento (fino ad ora inesistente) realizzata secondo questo criterio come primo repertorio di applicazioni;
- alcuni significativi contatti con centri di ricerca e aziende produttrici propositivi di futuri scenari di confronto e di sperimentazione.

I contatti intrapresi con il mondo della produzione hanno avuto lo scopo di comprendere gli eventuali stimoli di interesse e punti di contatto tra mondo delle materie di sintesi ed esigenze poste dall'ambito del restauro e della conservazione e di tracciare quindi uno spettro nel recepimento di questo ambito di interesse. La ricerca si è immediatamente configurata come ambito "di nicchia", scarsamente affrontato da parte del modo della produzione, e per il quale non esiste oggi in letteratura scientifica uno studio che attesti la variazione delle proprietà della trasparenza e il comportamento dei materiali in un arco di tempo prolungato.

Una prima conclusione che è stato possibile trarre è che non sono noti prodotti innovativi sviluppati appositamente per l'applicazione in campo conservativo o della valorizzazione.

Inoltre, le linee di possibili sviluppi futuri riguardano fundamentalmente tre livelli:

- la possibilità di eseguire sperimentazioni per quanto riguarda il trattamento anti-invecchiamento, contribuendo a fornire uno studio circa le variazioni delle proprietà di trasparenza in un arco di tempo prolungato, attualmente assente in letteratura scientifica;
- la possibilità di utilizzare, per i componenti posti su superfici e strutture esterne, il *portato* di innovazione di prodotto attualmente presente per quanto riguarda gli oggetti d'arte;
- la possibilità di lavorare su un segmento innovativo del prodotto ricercando proprietà anti-riflesso anche in presenza di intercapedine tra lastra e paramento.

9.2 Le esigenze del restauro come "motore" dell'innovazione

Le complesse esigenze degli interventi conservativi costituiscono un potente motore di innovazione di nuovi sistemi, di nuovi componenti, di applicazioni innovative, ecc.

Nella fattispecie, la proprietà della trasparenza e le nuove "possibilità" che l'utilizzo di materiali di sintesi, se utilizzate in modo appropriato, possono offrire come innovazione rispetto al vetro contiene una forte accezione tecnologica e un risvolto pratico-tecnico verso componenti che associno alla trasparenza altre prestazioni di fatto fondamentali nell'ambito della conservazione

La trasparenza viene trasferita come proprietà ai materiali di sintesi perché, rispetto al vetro, esiste la necessità di altri *ingredienti*, di altre risposte funzionali. Ed è forse proprio la complessa *ricchezza* dell'ambito dei beni culturali, che pone altrettante *ricche* domande al progetto di restauro, ad essere un'efficace sorgente di nuove attrazioni tecnologiche. Se da un lato, quindi, la necessità di raggiungere in termini relativamente brevi ad un equilibrato rapporto tra conservazione e valorizzazione può attivare molte energie a loro volta utili alla creazione di percorsi innovativi nel campo della produzione industriale, dall'altro appare anche evidente come l'aspetto selettivo e soprattutto quantitativo frenino l'interesse di investimento. Le quantità in gioco non sono certamente quelle dell'edilizia e della cantieristica diffusa, mentre le condizioni particolari di ogni sito, oggetto o contesto contengono le istanze di una *vocazione all'unicità* non solo sul legittimato quanto tutelato piano storico-patrimoniale ma anche dal lato della pretesa di risposte "ad hoc" che distanzia e allontana l'investimento della produzione industriale. Una situazione di stallo che non aiuta la conservazione del patrimonio e che disperde gli investimenti per l'innovazione in un settore strategico per l'Italia.

In realtà sono proprio le esigenze del restauro che devono riuscire ad essere descritte all'interno di un quadro di progetto più allargato.

Le esigenze del restauro sviluppano ramificazioni che abbracciano gli ambiti del recupero e della riqualificazione, proponendo metodologie e percorsi sperimentati di maggiore affidabilità e coscienza. Da questo punto di vista i percorsi sviluppati dalla ricerca soprattutto in ambito archeologico, al quale la maggior parte dei casi studio appartiene, costituiscono un banco di prova dell'affermazione precedente. Il restauro in archeologia è il più difficile, perché ogni aspetto è portato al massimo delle problematiche; eppure se il restauro in archeologia riesce a produrre risultati importanti ed affidabili, quest'ultimi saranno esportabili in ambiti meno complessi e con un minor numero di variabili in gioco, espandendo il campo di applicazione e il relativo ambito di diffusione dell'innovazione tecnologica.

9.3 Potenzialità di sviluppo futuro

La ricerca si è configurata come analisi critica di un campo pressoché inesplorato e presente in letteratura in maniera segmentata per ciascun ambito ad essa correlato.

Lo sviluppo della ricerca in questo ambito può produrre:

- una maggiore coscienza critica e di significato dell'intervento progettuale nel contesto antico; la naturale evoluzione da questa "infanzia difficile" verso una "prima maturità" consiste proprio nella riconquista qualitativa del progetto architettonico e conservativo volto alla valorizzazione ed alla fruizione del patrimonio; è un settore applicativo di sviluppo in cui non servono ricette di *industrial design* quanto piuttosto flessibilità e coerenza: *flessibilità* delle logiche di intervento quanto della materia (la plastica è adattativa) e *coerenza* sulla stima degli interventi in rapporto ai valori in gioco;
- la logica progettuale che sottende la "materia trasparente" apre alla sperimentazione di materiali e di dispositivi in una logica completamente nuova se visti a scala di contesto archeologico, in cui ogni aspetto (dalla logica di installazione, alla permanenza, alla tenuta dei requisiti, ecc.) è estremizzato; una sollecitazione progettuale e prestazionale che può offrire valide ricadute industriali anche in altri settori della *conservazione*.
- abbinando la protezione mediante dispositivi trasparenti alla tecnica diagnostica della colorimetria, che consente di *tradurre* in dati colorimetrici il colore, e conoscendo la radiazione che passa attraverso la lastra perché filtrata, è possibile effettuare studi nella logica della manutenzione programmata.

Oltre alle possibilità di ricadute e contatti a livello nazionale e internazionale che la ricerca offre, sono stati individuati, in particolare, come possibili futuri sviluppi della ricerca:

- indagini e sperimentazioni relative ai dispositivi trasparenti come filtri

parziali all'irraggiamento solare dannoso e ai trattamenti anti-invecchiamento;

- ricerche specifiche relative al problema del riflesso delle lastre, oggi parzialmente risolto per applicazioni non inerenti la protezione di superfici storiche;
- sperimentazione nel lungo periodo di componenti trasparenti al fine di valutare i fattori responsabili nella compromissione della trasmissione luminosa;
- trasferimento dei risultati raggiunti dai dispositivi trasparenti a protezione degli oggetti d'arte alla protezione di superfici architettoniche esterne;
- aspetti grafici e comunicazionali trasferibili al filtro trasparente;
- possibilità di plasmare in alcune zone la lastra trasparente in altoparlante potrebbe permettere di trasferire maggiori significati sul contenuto descrittivo dell'opera o del reperto e contemporaneamente potrebbe attivare dispositivi utili nella percezione extra-visiva facilitata dal potenziale dell'interfaccia "tattile", nell'ottica dell'*universal design*. Forse la membrana trasparente sarà modulabile, parziale, dinamicamente reattiva e selettiva in funzione della luce o della temperatura anche in applicazioni conservative, così come a inizio secolo era l'uomo che doveva regolare l'irraggiamento decidendo di "tirare" il tendaggio *scegliendo* di ombreggiare la superficie storica da proteggere, perseguendo un'innovazione di prodotto in un mondo, quello delle materie plastiche, che è il "regno dell'invenzione".

Bibliografia

L'argomento di ricerca, difficilmente riconducibile ad uno specifico filone di esperienze analoghe specificatamente documentate, trova in questa articolata bibliografia di riferimento, le modalità per esprimere da un lato i potenziali fattori di interdisciplinarietà che possono essere innescati da un tale approccio, e dall'altro permette di ricucire una serie di contributi e di definizioni sotto la medesima prospettiva interpretativa.

In questo senso è stata fatta la scelta di proporre, attraverso un sintetico numero di ambiti tematici, la maggioranza delle opere richiamate, senza un'evidente gerarchia di utilità o di grado di corrispondenza critica, per la difficoltà di identificare riferimenti bibliografici che risultassero ad unica fondamento dello studio presentato, permettendo, così, di ricostruire connessioni e confronti negli apparati di note a corredo di ogni capitolo.

Documenti per la storia della trasparenza (vetro, materiali di sintesi, ecc.)

G. IMBRIGHI, *trasparenze: vetro e materiali sintetici*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1993.

S.A. SALVI, *Plastica Tecnologia Design – Le materie plastiche, i loro compositi, le tecnologie trasformative: dal petrolio al progetto attraverso la storia del disegno industriale italiano*, Hoepli, Milano 1997.

H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, Edizione Tecniche Nuove, Milano 2006.

Contributo critico intorno alla nozione moderna di trasparenza

U. BOCCIONI, *Architettura futurista. Manifesto*, in U. Boccioni "Altri inediti e apparati critici", a cura di Z. Birolli, Milano, Feltrinelli, 1972, pp. 37-38.

A. SANT'ELIA, *L'architettura futurista (Manifesto futurista, Milano 11 luglio 1914)*, in P. Hulten (a cura di), "Futurismo & Futurismi", Milano, Bompiani, 1986, p. 419.

G. PONTI, *Amate l'architettura. L'architettura è un cristallo*, (ristampa della prima edizione del 1957 edita dalla Società editrice Vitali e Ghiana di Genova), Rizzoli, Milano 2008, pp. 39-45.

P. PORTOGHESI, *L'immateriale*, in "Materia – Rivista d'Architettura", n. 8/1991, pp. 3-9.

P. ZERMANI, *Materiali immateriali*, in "Materia – Rivista d'Architettura", n. 8/1991, p. 58.

Cultura tecnologica del progetto

P. SCHEERBART, *Architettura di vetro*, Adelphi, Milano 1982.

G. CIRIBINI, *Tecnologia e progetto*, Celid, Torino 1984.

E. MANZINI, E. TRIMARCHI, *L'evoluzione dei materiali e la perdita del peso*, in "Modulo", n. 135/1987, pp. 2368-2371.

E. MANZINI, E. TRIMARCHI, *L'evoluzione dei materiali trasparenti*, in "Modulo", n. 137/1987, pp. 2690-2693.

G. IMBRIGHI, *I materiali dell'architettura: tra tecnologia e ambiente*, Kappa, Roma 1992.

G. NARDI, *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Franco Angeli, Milano 1992.

R. RAITERI, *Trasformazioni tecnologiche del costruire - note sul ruolo della tecnologia nella progettazione*, BE-MA, Milano 1992.

A. BAGLIONI (a cura di), *Nuovi materiali leggeri per l'architettura*, Editrice Esculapio, Bologna 1993.

A. CAMPIOLI, *Il contesto del progetto: il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano 1993.

P. ZENNARO, *Architettura dei materiali*, Edizioni progetto, Padova 1995.

U. CATURANO (a cura di), *Le tecnologie dei materiali tra progetto e innovazione. Esperienze a confronto*, Franco Angeli, Milano 1996.

E. ZAMBELLI, P.A. VANONCINI, M. IMPERADORI, *Costruzione strati-*

ficata a secco - Tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto, Maggioli, Rimini 1998.

L. ANGELETTI, *Innovazione tecnologica e architettura*, Gangemi, Roma 1998.

G. NARDI, *Tecnologie dell'architettura – Teorie e storia*, Libreria CLUP, Milano 2001.

M.C. TORRICELLI, R. DEL NORD, P. FELLI, *Materiali e tecnologie dell'architettura*, CLF Editori Laterza, Bari 2001.

N. SINOPOLI, V. TATANO (a cura di), *Sulle tracce dell'innovazione*, Franco Angeli, Milano 2002.

U. MENICALI, *Trasparenze ad alte prestazioni*, in "Il Nuovo Cantiere", n. 4, aprile 2004, pp. 135-139.

M. HEGGER, V. AUCH-SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, *Atlante dei materiali*, Utet scienze tecniche, Torino 2006.

G. MOTTURA, A. PENNISI, *Progettare sistemi di protezione solare degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini 2006.

Innovazione tecnica ed espressiva

E. MANZINI, *La materia dell'invenzione*, Arcadia Edizioni, Milano 1986.

E. MANZINI, *Artefatti. Verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale*, Edizioni DA, Milano 1990.

C. CONIO, *La tecnologia della trasparenza*, Tecnomedia, Milano 1995.

E. RE, *Trasparenza al limite. Tecniche e linguaggi per un'architettura del vetro strutturale*, Alinea, Firenze 1997.

V. TATANO (a cura di), *Materiali naturartificiali*, Officina Edizioni, Roma 2006.

Materials Matter 2008, a cura di Material Connexion, Inc., Editrice Compositori, Bologna 2008.

Teorie del restauro

R. BONELLI, *Architettura e restauro*, Venezia 1959.

C. CESCHI, *Teoria e storia del restauro*, Mauro Bulzoni Editore, Roma 1970.

P. SANPAOLESI, *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, Firenze 1973.

G. DE ANGELIS D'OSSAT, *Restauro: architettura sulle preesistenze diversamente valutate nel tempo*, in "Palladio", 111 serie, XXV, 1978, 2, pp. 51-68.

A. BELLINI (a cura di), *Tecniche della conservazione*, Franco Angeli, Milano 1992.

A. RIEGL, *Scritti sulla tutela e il restauro*, a cura di G. La Monica, La Palma ed., Palermo 1982.

P. TORSELLO, *Restauro architettonico, padri, teorie, immagini*, Milano 1984.

M. MATTEINI, A. MOLES, *Scienza e restauro: Metodi di indagine*, Nardini, Firenze 1984.

A. EMILIANI, *L'innovazione conservativa*, Nuova Alfa Editoriale, Bologna 1989.

G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, Liguori, Napoli 1997.

G. CARBONARA, *Avvicinamento al restauro*, Liguori, Napoli 1997.

C. FEIFFER, *Il progetto di conservazione*, Franco Angeli Editore, Milano 1997.

C. BRANDI, *Teoria del restauro*, Piccola Biblioteca Einaudi, 2° ed., Torino 1997.

P. FANCELLI, *Il progetto di conservazione*, Guidotti, Roma 1983.

G. CARBONARA, *Restauro dei monumenti, Guida agli elaborati grafici*, Liguori, Napoli 1999.

G. TORRACA, *La cura dei materiali nel restauro dei monumenti*, a cura di M. P. Sette, Scuola di Specializzazione per lo studio ed il restauro

dei monumenti, Università degli studi di Roma "La Sapienza", Bonsignori, Roma 2001.

L. MARINO (a cura di), *Dizionario del restauro archeologico*, Alinea Editrice, Firenze 2003.

Dalla reversibilità alla compatibilità, Atti del Convegno "Dalla reversibilità alla compatibilità", Conegliano, 13-14 giugno 2003, Nardini Editore, Firenze 2003.

Il minimo intervento nel restauro, Atti del Convegno "Il minimo intervento nel restauro", Siena, 18-19 giugno 2004, Nardini Editore, Firenze 2003.

G. CARBONARA (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, UTET, Torino, 2003.

G. CARBONARA, *Atlante del Restauro*, volume VIII, tomo I, tomo II, UTET, Torino 2004.

S. SETTIS, *Battaglie senza eroi. I beni culturali tra istituzioni e profitto*, Electa, Milano 2005.

R. BOSCHI, P. SEGALA (a cura di), *Codici per la conservazione del patrimonio storico – Cento anni di riflessioni, "grida" e carte*, Nardini Editore, Firenze 2006.

M. ERMENTINI, *Restauro timido. Architettura affetto gioco*, Nardini Editore, Firenze 2007.

Progetti di restauro

G. ANNIBALDI, in "Fasti Archeologici", vol. XII (1957), n. 5323; vol. XIII (1958), n. 2345; vol. XV (1960), n. 2550; vol. XVI (1961), n. 2794; Idem, *Attività delle Soprintendenze: Marche. Monterinaldo (Ascoli Piceno), Santuario romano*, in "Bollettino d'Arte", fasc. 3-4 (1966), pp. 210-211.

G. ANNIBALDI, *Il santuario romano di Monterinaldo*, in "Restauri d'Arte in Italia", Roma 1965, pp. 98-99.

Il Monumento per l'uomo - Atti del II Congresso Internazionale del Restauro, Venezia, 25-31 maggio 1964, ICOMOS e Marsilio Editori 1971, Stampa delle Officine Grafiche il Resto del Carlino, 1972.

F. MINISSI, *Applicazione di laminati plastici (resine acriliche) nella tecnica del restauro e conservazione dei monumenti*, in "Il Monumento per l'uomo - Atti del II Congresso Internazionale del Restauro", Venezia, 25-31 maggio 1964, Marsilio Editori, Padova 1972, pp. 285-287.

F. MINISSI, *Ipotesi di impiego di coperture metalliche a protezione di zone archeologiche*, in "Restauro" n. 81/1985, pp. 27-31.

F. MINISSI, *Perché e come proteggere i siti archeologici*, in "Restauro" n. 90/1987, pp. 78-85 (relazione al Convegno internazionale COPAM, 1-4 luglio 1986, Napoli, Sezione II. La protezione dei siti archeologici).

P. ZAMARCHI GRASSI, A. VANNI DESIDERI, *Uno scavo felice*, in "Archeologia viva" n. 6, giugno 1986, pp. 8-23.

A. GUERRESCHI, *Per salvare le tracce*, in "Archeologia viva" n. 2, novembre/dicembre 1988, pp. 74-75.

G. MAETZKE, *Continuità e trasformazioni. Scavi nell'area occidentale del foro romano*, in "Archeo" n. 48, febbraio 1989, pp. 66-73.

G. ROSADA, *Le Ville*, in "Archeo" n. 54, agosto 1989, pp. 98-106.

E. CATANI, *Il santuario ellenistico-romano presso Monterinaldo: un'emergenza archeologica e monumentale dell'ascolano*, in "Il Piceno in età romana, dalla sottomissione a Roma alla fine del mondo antico", Atti del III Seminario di Studi, Cupra Marittima, 24-30 ottobre 1991, Edigrafital, Teramo 1992, pp. 47-58.

G. SEFERIS, *Panta pliri theon (Tutto è pieno di dei, tr. di Umberto Papalardo)*, in "Archeologia viva" n. 17, marzo 1991, pp. 18-33.

J. LANGE, *Un tempio dove osano le aquile*, in "Archeologia viva" n. 30, giugno 1992, p. 59.

F. RADINA, *Il dolmen di Bisceglie*, in "Archeo" n. 5/1992 - Anno VII, n. 5 (87), maggio 1992, pag. 8.

R. CHERUBINI, *Coperture nelle aree archeologiche*, in "Costruire in laterizio" 42/1994, pp. 7-10.

B. AMENDOLEA (a cura di), *I siti archeologici. Un problema di musealizzazione all'aperto*, Secondo Seminario di Studi, Roma, 20-22 gennaio 1994, Gruppo Editoriale Internazionale, Roma.

G. DI STEFANO, *Litri e decalitri da Camarina (Nella grande agorà)*, in

"Archeologia viva" n. 45, maggio/giugno 1994, pp. 44-51.

A. SPOSITO ed altri, *Morgantina. Architettura e città ellenistiche*, Stampa Tipografia Priulla, Palermo 1995.

S. MARCHEGIANI, *Il santuario di Monterinaldo*, in "Archeologia viva" n. 58, luglio/agosto 1996, p. 86.

S. RANELLUCCI, *Strutture protettive e conservazione dei siti archeologici*, Carsa Edizioni (collana "I saggi di opus - quaderno di storia architettura restauro n. 5), Pescara 1996.

G. BISCONTIN, G. DRIUSSI (a cura di), *Dal sito archeologico all'archeologia del costruito. Conoscenza, Progetto e Conservazione*, Atti del Convegno di Studi Scienza e Beni Culturali, Bressanone, 3-6 luglio 1996, Arcadia Ricerche Editore, Padova 1996.

G. TRIPODI, *Programmi di conservazione delle case romane in Contrada San Nicola ad Agrigento*, in "Atti del IV Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studi e la Conservazione del Mosaico", Palermo, 9-13 dicembre 1996, a cura di Rosa Maria Carra Bonacasa e Federico Guidobaldi, Edizioni del Girasole, Ravenna 1997, pp. 237-246.

S. MOSCATI, *L'Italia delle regioni. Il Lazio*, in "Archeo" n.1/1997 - Anno XIII, n.1 (143), gennaio 1997, pp. 28-43.

M. BORIANI (a cura di), *Patrimonio archeologico, progetto architettonico e urbano*, Atti del convegno "Patrimonio archeologico, progetto architettonico e urbano", Politecnico di Milano, Facoltà di Architettura, 21-22 maggio 1996, Alinea Editrice, Firenze 1997.

F. GUGLIERMETTI, A. MACCARI, *L'impiego di copertura trasparenti di tipo innovativo nella protezione in situ dei mosaici*, in "Atti del V Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studi e la Conservazione del Mosaico", Roma, 3-6 novembre 1997, a cura di Federico Guidobaldi e Andrea Paribeni, Edizioni del Girasole, Ravenna, 1998, pp. 471-484.

G. CARBONARA, *intervento alla tavola rotonda conclusiva* riportato in "Atti del V Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studi e la Conservazione del Mosaico", Roma, 3-6 novembre 1997, a cura di Federico Guidobaldi e Andrea Paribeni, Edizioni del Girasole, Ravenna 1998, pp. 611-614 e 644-645.

S. RANELLUCCI, *intervento alla tavola rotonda conclusiva* riportato in "Atti del V Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studi e la Conservazione del Mosaico", Roma, 3-6 novembre 1997, a cura di Federico

Guidobaldi e Andrea Paribeni, Edizioni del Girasole, Ravenna 1998, pp. 614-616.

A. SPOSITO, ed altri, *Sylloge archeologica. Cultura e processi della conservazione*, Stampa Tipografia Priulla, Palermo 1999.

N. SANTOPUOLI, S. SANTORO (a cura di), *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, supplemento ad *Arkos* n.1/2000, UTET, Torino 2000.

A. SPOSITO ed altri, *Morgantina e Solunto. Analisi e problemi conservativi*, Stampa Tipografia Priulla, Palermo 2001.

C. PEDELÌ, S. PULGA, *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'Insegna del Giglio, Firenze 2002.

M.C. RUGGIERI TRICOLI, C. SPOSITO, *I siti archeologici. Dalla definizione del valore alla protezione della materia*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004.

A. SPOSITO, *Coprire l'antico*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004.

M.C. RUGGIERI TRICOLI, A. SPOSITO, *Luoghi, storie, musei. Percorsi e prospettive dei musei del luogo nell'epoca della globalizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2005.

A. AVETA, *Tecnologie innovative nel restauro architettonico tra normative e prospettive di ricerca*, in "Arkos – Scienza e restauro dell'architettura", n. 10, aprile/giugno 2005, Nardini Editore, Firenze, pp. 38-42.

A. SPOSITO, *Emergenza e beni archeologici*, in "Emergenza del progetto – Progetto dell'emergenza. Architetture con-temporaneità", a cura di Roberto Bologna e Carlo Terpolilli, Federica Motta Editore, Milano 2005, pp. 369-372.

G. CARBONARA, *Restauro del moderno e archeologia a Piazza Armerina. La sistemazione di Franco Minissi della Villa Romana del Casale*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini, pp. 30-39.

N. SANTOPUOLI, *Il restauro della Villa Romana del Casale di Piazza Armerina. Struttura e aggiornamento tecnologico*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini, pp. 40-45.

B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico. Primi contributi di Franco Minissi*, in "Arkos – Scienza e restauro dell'architettura", n. 12, gennaio/marzo 2006, Nardini Editore, Firenze, pp. 18-24.

M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei tra le rovine: l'archeologia urbana alla prova della musealizzazione*, in "Arkos – Scienza e restauro dell'architettura", n. 13, gennaio/marzo 2006, Nardini Editore, Firenze, pp. 22-28.

B. VIVIO, *La villa del Casale di Piazza Armerina e il mancato restauro del restauro*, in *Parametro* 266, ott/nov 2006, pp. 68-79.

A. RICCI, *Attorno alla nuda pietra. Archeologia e città tra identità e progetto*, Donzelli Editore, Roma 2006.

K. SFERRUZZA, I. GRASSEDONIO (a cura di), *Franco Minissi e il progetto di restauro della Villa del Casale a Piazza Armerina*, Catalogo della Mostra "Franco Minissi e il progetto di restauro della Villa del Casale a Piazza Armerina", Palermo, 23-28 aprile 2007, Stampa Eurografica, Palermo 2007.

M. DEZZI BARDESCHI, *Protagonisti della nuova museografia: Franco Minissi (1919-1996) a Piazza Armerina*, in "L'Ingegnere – Edilizia, ambiente, territorio" n. 11/2007, pp. 52-54.

S. A. CURUNI, N. SANTOPUOLI, *Da Asellina a Verecundus: ricerca, restauro e monitoraggio sulle pitture di alcune celebri botteghe lungo via dell'Abbondanza*, Skira Editore, Milano 2007.

M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra Immagine, Milano 2007.

Riferimenti culturali

P. OVIDIO NASONE, *Metamorfosi*, a cura di M. Ramous, Milano, Garzanti, 1992, pp.162-165.

GAIO PLINIO SECONDO, *Storia Naturale, Mineralogia e storia dell'arte (libri 33-37)*, vol. V, Einaudi, Torino 1988, pp. 731-733.

PETRONIO, *Satyricon*, a cura di V. Ciaffi, Torino, Einaudi, 2003, pp. 63-65.

R. ARNHEIM, *Art and visual perception: a psychology of the creative eye*, Regents of the University of California, 1954, (trad. it.: *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano 1988).

R. BARTHES, *Miti d'oggi*, Einaudi, Torino 1974.

A. SCHWARZ, *La Sposa messa a nudo in Marcel Duchamp, anche*, Einaudi, Torino 1974.

J. RYKWERT, *La casa di Adamo in Paradiso*, Mondadori, Milano 1977.

G. DEVOTO, G.C. OLI, *Vocabolario illustrato della lingua italiana*, vol. I-II, Selezione dal Reader's Digest, Milano 1978.

N. PEVSNER, J. FLEMING, H. HONOUR, *Dizionario di architettura*, Einaudi, Torino 1981, p. 665.

R. ARNHEIM, *La dinamica della forma architettonica*, Feltrinelli, Milano 1983.

E.H. GOMBRICH, *Il senso dell'ordine. Studio della arte decorativa*, Einaudi, Torino 1984.

J. M. WILDING, *La percezione. Dalla sensazione all'oggetto*, Casa Editrice Astrolabio, Roma 1985.

Il vocabolario Treccani, vol. V, Roma 1997.

M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. 2, CEDAM, Padova 1998.

A. CAFORIO, A. FERILLI, *Physica*, vol. 2, Le Monnier, Milano 1989.

L. MALAVASI, L. PANTALONI (a cura di), *Manifesto delle esigenze abitative dei bambini. Quando le idee dei bambini trovano casa*, Maggioli Editore, Rimini 1999.

E. MORIN, *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2001, p. 38.

A. PALAZZESCHI, *Tutte le poesie*, Mondadori, Milano 2002, pp. 316-319.

J. BAUDRILLARD, *Il sistema degli oggetti*, Tascabili Bompiani, Milano 2004.

K.R. POPPER, *Nuvole e orologi. Il determinismo, la libertà e la razionalità*, Armando Editore, Roma 2005.

A. NICCOLINI, *Enciclopedia dantesca*, vol. 15, Istituto della Enciclopedia Italiana Giovanni Treccani, Mondadori, Milano 2005, p. 588.

R. WRIGHT, *Breve storia del progresso*, Milano, Mondadori 2006.

B. MUNARI, *Fantasia*, GLF Editori Laterza, Bari 2007.

U. GALIMBERTI, *La terra senza il male. Jung: dall'inconscio al simbolo*, vol. VI, 4ª ed., Feltrinelli, Milano 2007.

V. S. RAMACHANDRAN, *Che cosa sappiamo della mente*, Mondadori, Milano 2006.

P. VIRILIO, *L'arte dell'accecamento*, Cortina, Milano 2007.

M. BALZANI, *Essere a colori per pensare a colori la vita come l'architettura*, in "Colore", "www.architetti.com, E-zine", (2008), fasc. 8.

O. SACKS, *L'uomo che scambiò sua moglie per un capello*, 9ª ed., Adelphi, Milano 2008.

Trasparenza, immaterialità e nozione di limite (tra architettura e pensiero contemporaneo)

Archeologia a Treviri: i progetti di O.M. Ungers, in "Casabella" 558/1989, p. 39.

M. FLEURY, V. KRUTA, *Sotto il Louvre*, in "Archeo" n. 1 marzo 1991, pp. 24-29.

M. MORRESI, *Museo d'antichità a Torino*, in "Casabella" 661/1998, pp. 26-35.

A. LANGELLA, *Nuovi paesaggi materici: design e tecnologia dei materiali*, Alinea, Firenze 2003.

M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Ghost structures: esempi e riflessioni*, in "Agathon", Notiziario del Dottorato di Ricerca in "Recupero e fruizione dei contesti antichi", Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, Università degli Studi di Palermo, n.1/2008, a cura di Alberto Sposito, Offset Studio Snc, Palermo 2008, pp. 19-26.

A.R.D. ACCARDI, *La glass-box e la definizione degli interni museali: il Musée des Tumulus a Bougon*, in "Agathon", Notiziario del Dottorato di Ricerca in "Recupero e fruizione dei contesti antichi", Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, Università degli Studi di Palermo, n.1/2008, a cura di Alberto Sposito, Offset Studio Snc, Palermo 2008, pp. 57-66.

Fonti delle immagini

Schemi di pag. 18: elaborazioni da M. CANTELLI, *Fisica generale*, vol. 2, CEDAM, Padova 1998, pp. 61-78.

Schema di pag. 19 tratto da H. SEACHTLING, *Manuale delle materie plastiche*, Edizione Tecniche Nuove, Milano 2006, p. 134.

Immagine di pag. 21 tratte da R. ARNHEIM, *Art and visual perception: a psychology of the creative eye*, Regents of the University of California, 1954, (trad. it.: *Arte e percezione visiva*), Feltrinelli, Milano 1988, pp. 212 e 214.

Immagine in alto di pag. 24 tratta da N. PEVSNER, J. FLEMING, H. HONOUR, *Dizionario di architettura*, Einaudi, Torino 1981, p. 665.

Immagine in basso di pag. 24 tratta da J.MINK, *Marcel Duchamp 1887-1968. Arte contro l'arte*, Benedikt Taschen, 1995, p. 76.

Immagine di pag. 25 tratta da J.MINK, *Marcel Duchamp 1887-1968. Arte contro l'arte*, Benedikt Taschen, 1995, p. 75.

Immagine di pag. 25 in alto a destra tratta da J.MINK, *Marcel Duchamp 1887-1968. Arte contro l'arte*, Benedikt Taschen, 1995, p. 74.

Immagine di pag. 25 in basso a destra tratta da B. MUNARI, *Fantasia*, Editori Laterza, Bari 2007, p. 74.

Immagine di pag. 26 in alto a sinistra tratta da J.MINK, *Marcel Duchamp 1887-1968. Arte contro l'arte*, Benedikt Taschen, 1995, p. 77.

Immagine di pag. 27 in basso a destra tratta da B. MUNARI, *Fantasia*, Editori Laterza, Bari 2007, p. 196.

Immagine di pag. 42 in alto a sinistra tratta da G. IMBRIGHI, *Trasparenze: vetro e materiali sintetici*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1993, p. 25.

Seconda immagine di pag. 42 dall'alto tratta da M.C. RUGGIERI TRICOLI, A. SPOSITO, *Luoghi, storie, musei. Percorsi e prospettive dei musei del luogo nell'epoca della globalizzazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2005, p. 33.

Terza immagine dall'alto di pag. 42 tratta da M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra Immagine, Milano 2007, p. 288.

Immagine di pag. 43 tratta da M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra Immagine, Milano 2007, p. 198.

Immagine di pag. 43 in alto a destra tratta da M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra Immagine, Milano 2007, p. 198.

Seconda immagine dall'alto a destra di pag. 43 tratta da "Agathon", Notiziario del Dottorato di Ricerca in "Recupero e fruizione dei contesti antichi", Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, Università degli Studi di Palermo, n.1/2008, a cura di Alberto Sposito, Offset Studio Snc, Palermo 2008, p. 20.

Immagini di pag. 44 tratte da "Agathon", Notiziario del Dottorato di Ricerca in "Recupero e fruizione dei contesti antichi", Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, Università degli Studi di Palermo, n.1/2008, a cura di Alberto Sposito, Offset Studio Snc, Palermo 2008, pp. 24 e 26.

Immagini in alto di pag. 45 tratte da "Agathon", Notiziario del Dottorato di Ricerca in "Recupero e fruizione dei contesti antichi", Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, Università degli Studi di Palermo, n.1/2008, a cura di Alberto Sposito, Offset Studio Snc, Palermo 2008, p. 25.

Immagine in basso di pag. 45 tratta da M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra Immagine, Milano 2007, p. 241.

Immagini da pag. 49 a pag. 51: Archivio della Soprintendenza Archeologica di Pompei

Immagini di pag. 52 tratte da E. RE, *Trasparenza al limite. Tecniche e linguaggi per un'architettura del vetro strutturale*, Alinea, Firenze 1997, p. 44.

Immagine di pag. 53 tratta da M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra Immagine, Milano 2007, p. 200.

Foto di pag. 54 di Alessandra Maietti, 2008.

Immagini di pag. 55 tratte da M.C. RUGGIERI TRICOLI, *Musei sulle rovine. Architettura nel contesto archeologico*, Edizioni Lybra

Immagine, Milano 2007, p. 264.

Immagine pag. 56 tratta da S. RANELLUCCI, *Strutture protettive e conservazione dei siti archeologici*, Carsa Edizioni (collana "I saggi di opus – quaderno di storia architettura restauro n. 5), Pescara 1996, p. 119.

Foto di pag. 57 in alto di Roberto Meschini, 2008.

Immagini di pag. 57 in basso da E. RE, *Trasparenza al limite. Tecniche e linguaggi per un'architettura del vetro strutturale*, Alinea, Firenze 1997, p. 214.

Foto di pag. 59 di Nicola Santopuoli, 2005, pubblicata in N. SANTOPUOLI, *Il restauro della Villa Romana del Casale di Piazza Armerina. Struttura e aggiornamento tecnologico*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini, pp. 40 - 45.

Immagini di pag. 99 tratte dal catalogo Bayer Sheet Europe 2007.

Immagine di pag. 102 tratta da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito.

Immagine in alto di pag. 103 tratta dal catalogo Bayer Sheet Europe 2007.

Immagine di pag. 103, in basso tratta da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito.

Immagine di pag. 104 tratta da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito.

Immagine di pag. 105 in alto dal Manuale Tecnico Bayer Sheet Europe 2007.

Foto di pag. 105 di Nicola Santopuoli, 2004.

Foto di pag. 106 di Nicola Santopuoli, 2004.

Foto di pag. 107, in alto, di Federica Maietti, 2003.

Foto di pag. 107, in basso, di Nicola Santopuoli, 2007.

Foto di pag. 108, in basso, di Nicola Santopuoli, 2007.

Foto di pag. 110 di Valentina Virgilli, 2006.

Immagini di pag. 119 tratte da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito. Pubblicate anche in M.C. RUGGIERI TRICOLI, C. SPOSITO, *I siti archeologici. Dalla definizione del valore alla protezione della materia*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004, pp. 141-142.

Immagini di pag. 120 tratte da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito. Pubblicate anche in M.C. RUGGIERI TRICOLI, C. SPOSITO, *I siti archeologici. Dalla definizione del valore alla protezione della materia*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004, pp. 141-142.

Immagini di pag. 122, 123 e 124 tratte da M.C. RUGGIERI TRICOLI, C. SPOSITO, *I siti archeologici. Dalla definizione del valore alla protezione della materia*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2004, pp. 168-169.

Immagine di pag. 126 tratta da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito.

Immagini di pag. 127 fornite da Caoduro S.p.A.

Immagine di pag. 140 e 142 tratta da G. CARBONARA, *Restauro del moderno e archeologia a Piazza Armerina. La sistemazione di Franco Minissi della Villa Romana del Casale*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini, p. 31.

Immagini di pag. 143 tratte da G. CARBONARA, *Restauro del moderno e archeologia a Piazza Armerina. La sistemazione di Franco Minissi della Villa Romana del Casale*, in "Paesaggio Urbano" 1/2006, Maggioli Editore, Rimini, p. 32, foto Beatrice Vivio.

Immagini di pag. 144 e 145 di Nicola Santopuoli, 2005.

Foto di pag. 146 tratta da B. VIVIO, *Attività sperimentale alle origini del restauro critico. Primi contributi di Franco Minissi*, in "Arkos – Scienza e restauro dell'architettura", n. 12, gennaio/marzo 2006, Nardini Editore, Firenze, p. 22.

Immagini di pag. 149 tratte da S. RANELLUCCI, *Strutture protettive e conservazione dei siti archeologici*, Carsa Edizioni (collana "I saggi di opus – quaderno di storia architettura restauro n. 5), Pescara 1996, p. 85.

Immagini di pag. 150 tratte da A. SPOSITO et. L., *Sylloge*

archeologica. Cultura e processi della conservazione, Stampa Tipografia Priulla, Palermo 1999, p. 122.

Immagini di pag. 151 tratte da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito.

Le immagini del capitolo 7 sono tratte da *Coperture per aree e strutture archeologiche: Repertorio di casi esemplificativi*, a cura di N. SANTOPUOLI e S. SANTORO, formato digitale, inedito, e gli elaborati grafici sono dell'autrice, ad eccezione di:

Immagini pag. 193-197 tratte da *I siti archeologici. Un problema di musealizzazione all'aperto*, a cura di Bruna Amendolea, Secondo Seminario di Studi, Roma, 20-22 gennaio 1994, Gruppo Editoriale Internazionale, Roma 1995, pp. 204-207.

Immagini pag. 199-206 tratte da *I siti archeologici. Un problema di musealizzazione all'aperto*, a cura di Bruna Amendolea, Secondo Seminario di Studi, Roma, 20-22 gennaio 1994, Gruppo Editoriale Internazionale, Roma 1995, pp. 133-144.

Immagini ed elaborati grafici di pag. 227-234 a cura di Consorzio CORARC, Reggio Emilia, prog. Ing. Maria Rosaria Motolese.

Immagini pag. 237-254 ed elaborati grafici a cura dell'ing. Alberto Custodi e note tecniche a cura dell'ing. Corrado Santarelli.

Fotografie di pag. 263-266 di Mirco Vacchi e Daniele Manara.

Immagini ed elaborati grafici di pag. 267-273 ad opera dell'arch. Franco Ceschi, da lui gentilmente fornite.

Immagini ed elaborati grafici di pag. 277-289 a cura di Nicola Santopuoli.

Immagini ed elaborati grafici di pag. 291-294 a cura dell'ing. Salvatore Petriccione di Tecno Coperture, Napoli.