

**Università degli Studi di Napoli Federico II**  
**Polo delle Scienze e delle Tecnologie**

**Facoltà di Architettura, Dipartimento di Configurazione e Attuazione dell'Architettura**

**Dottorato in:**

Tecnologia e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente  
XIX ciclo

Indirizzo: Tecnologia dell'Architettura  
Settore Scientifico Disciplinare: ICAR/12

Tesi di Dottorato di Ricerca:

***Le facciate ventilate in cotto:  
progetto e innovazione nei sistemi di rivestimento***

Candidato: **Bianca Parenti**

Docente Tutor: Prof. Arch. **Sergio Pone**

Cotutor: Prof. Arch. **Andrea Campioli**

Coordinatore:  
Prof. Arch. **Virginia Gangemi**

Premessa	p. 1
1. Introduzione	p. 3
2. Ambito tematico	p. 5
2.1 Innovazione tecnologica nei materiali della tradizione	p. 5
2.2 La costruzione stratificata	p. 9
2.3 L'assemblaggio a secco	p. 13
3. Le facciate ventilate: analisi e valutazione	p. 17
3.1 Sistemi di facciata a schermo avanzato in cotto	p. 17
3.2 Quadro normativo di riferimento	p. 23
3.3 Analisi sistemica dei procedimenti costruttivi.	p. 28
3.4 Impostazione di una scheda analitica per il censimento dei principali sistemi in produzione in Italia e in Europa	p. 32
3.4.1 Foglio 1: descrizione del progetto	p. 43
3.4.2 Foglio 2: abaco degli elementi	p. 44
3.4.3 Foglio 3: grafici di dettaglio e valutazione critica dei sistemi	p. 45
3.5 Schedatura	p. 47
3.6 Premialità e criticità dei sistemi in produzione.	p. 49
3.7 <i>Cottodry</i> : caratteristiche e potenzialità di un nuovo materiale	p. 54
4. Ipotesi di un nuovo sistema di facciata ventilata in cotto	p. 57
4.1 Definizione delle caratteristiche principali del nuovo sistema.	p. 57
4.2 Il rivestimento	p.63
4.3 Dimensionamento degli elementi in funzione dell'ottimizzazione della produzione e delle caratteristiche fisico-tecniche del nuovo materiale.	p.64
4.3.1 Progetto delle sezioni tipo.	p.65
4.3.2 La struttura di supporto	p.66

4.3.3 Dimensionamento degli elementi portanti (orditura principale e secondaria) in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche fisico-tecniche del rivestimento.	p.69
4.3.4 Progettazione dei nodi di ancoraggio degli elementi di supporto della sottostruttura all'edificio.	p.70
4.3.5 Progettazione dei nodi interni al sistema di supporto e dei giunti tra struttura e rivestimento.	p.72
4.3.6 Progettazione delle soluzioni speciali di coronamento, attacco a terra e terminali d'angolo del sistema.	p.15
4.4 Valutazioni sul progetto: la sperimentazione e la prototipazione come momento di verifica delle ipotesi di progetto.	p.80
5. Conclusioni, ovvero prospettive di ulteriori avanzamenti della ricerca	p.85
6. Bibliografia	p.90

## Premessa

Questo studio nasce in parallelo con una ricerca finanziata dal Ministero dell'Università e della Ricerca scientifica al Dipartimento di Progettazione Urbana dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" e alla Esmalglass Spa di Fisciano (Sa) dal titolo *Cottodry: studio e realizzazione di un impasto per 'Cotto' e per 'Stoviglieria' con caratteristiche artigianali, resistenza industriale e basso assorbimento d'acqua, realizzato anche con l'utilizzo dei fanghi di risulta dell'impianto di depurazione e di una linea di 'prodotti apiombici'*.

Il programma sul quale è stato ottenuto il finanziamento prevede la sperimentazione di una nuova miscela di argille e di fanghi per cotto dotata di particolari caratteristiche fisiche di resistenza agli urti e di scarso assorbimento di acqua, così da poter supportare il comparto artigianale dei ceramisti di Vietri sul Mare, offrendogli un impasto, per la realizzazione della stoviglieria, alternativo a quello tradizionale, e molto più solido e igienico. Questa miscela deve però conservare tutte le caratteristiche fondamentali degli impasti tradizionali quali la cottura in forni che non superano i 1.000 gradi centigradi e la lavorabilità con tecniche tipicamente artigianali quali tornitura, formatura in calchi, etc. In questo studio il ruolo dei ricercatori universitari, coordinati dal prof. arch. Augusto Vitale, è stato quello, in una prima fase, di collaborare all'individuazione delle caratteristiche fisiche ed estetiche dei tradizionali prodotti in cotto e individuare gli impieghi della produzione corrente del laterizio e della ceramica per addivenire, in un secondo momento, ad una proposta di utilizzo del nuovo materiale nel settore edilizio. A seguito di un'indagine preliminare circa la possibile applicazione di questo materiale nell'ambito del sistema edilizio, la ricerca è stata orientata verso le facciate ventilate in cotto dal momento che si è notato che le principali criticità presentate dai sistemi attualmente in commercio siano la sostanziale fragilità del materiale di base (con grande produzione di sfridi sia in fase produttiva che di montaggio) e la sua tendenza ad assorbire troppa acqua ovvero a presentare problemi in presenza di climi troppo rigidi (molti dei procedimenti in commercio utilizzano

oggi impregnanti siliconici che snaturano le caratteristiche estetiche del prodotto). Proprio le caratteristiche fondamentali del nuovo materiale in corso di sperimentazione.

Di qui prende le mosse la presente ricerca che, in sostanza, si ripromette di analizzare il prodotto 'facciate ventilate in cotto', di ricostruirne l'evoluzione e di individuarne le criticità per addivenire ad una proposta, portata fino alla realizzazione di un prototipo, di un nuovo sistema capace di superare le prestazioni dei principali competitors e di valorizzare al massimo le caratteristiche del nuovo materiale.

## 1. Introduzione

La ricerca ha affrontato, in prima istanza, la necessità di individuare un ambito tematico, appartenente alla Tecnologia dell'Architettura, in cui iscrivere lo studio sulle facciate ventilate in cotto con l'obiettivo di delineare uno sfondo per l'analisi sperimentale al quale potersi puntualmente riferire nel seguito.

È apparso evidente che uno studio sulle facciate ventilate in cotto non potesse prescindere da quella parte degli studi sull'innovazione tecnologica che ha come oggetto i **nuovi utilizzi di materiali tradizionali**. E altrettanto obbligatorio sembra il riferimento al paradigma dell'**assemblaggio a secco** che rappresenta proprio l'aspetto innovativo fondamentale nell'uso del materiale ceramico, abitualmente utilizzato con procedimenti costruttivi a umido. Un'ultima relazione può sicuramente essere stabilita con il concetto di **costruzione stratificata** secondo il quale i vari subsistemi componenti l'edificio non sono più concepiti facendo uso di materiali 'generalisti', in grado di offrire da soli tutte le prestazioni richieste all'elemento costruttivo, ma si compongono per strati di materiali 'specializzati' in una singola prestazione, formando dei pacchetti funzionali più ricchi e articolati di quelli tradizionali. Il ragionamento su questi tre argomenti, su alcuni dei contributi offerti sul tema dalla ricerca nel campo della 'cultura tecnologica della progettazione' e sui loro stretti rapporti con il tema delle facciate ventilate in cotto rappresenta l'ossatura del secondo capitolo.

Il terzo capitolo della tesi si pone l'obiettivo di delineare il quadro completo dei presupposti da utilizzare per la messa a punto della proposta progettuale che conclude il lavoro.

Si è partiti dall'analisi della **normativa vigente** in tema di facciate ventilate in cotto con l'intento di definire un quadro prestazionale più completo possibile con il quale valutare i sistemi in commercio ed evidenziarne criticità e premialità. Da questa analisi è emersa l'assenza di criteri per determinare il funzionamento effettivo della facciata ventilata, ovvero la possibilità che si generi o meno l'effetto camino d'estate e la funzionalità invernale della camera *buffer* per aumentare le prestazioni di isolamento termico. Per compensare questa carenza sono stati chiamati in causa alcuni

**studi di ambito tecnologico e fisico tecnico** che offrono direttive utili per definire le caratteristiche assolutamente necessarie ad un reale miglioramento delle prestazioni termoigrometriche offerte dalle facciate ventilate.

Sulla base del quadro prestazionale formato dall'incrocio degli elementi precedentemente descritti si è proceduto alla **valutazione dei prodotti attualmente in commercio**, selezionando i modelli di punta delle varie famiglie di varianti approntate dalle ditte produttrici. Da questa valutazione sono emersi i **punti deboli ricorrenti** tra i procedimenti costruttivi analizzati; si è potuto, quindi, delineare un primo quadro di requisiti da porre alla base della successiva fase di progetto e prototipazione.

Prima di affrontare l'ultima fase della ricerca sono state illustrate le **principali caratteristiche** del nuovo **super-cotto** messo a punto dalla **Esmalglass**, per completare la rassegna degli elementi per la fase finale, questa volta dal punto di vista delle eventuali premialità connesse ad alcune superiori prestazioni del materiale da utilizzare. L'ultima parte della tesi descrive, infine, la fase sperimentale e parte da una sorta di dichiarazione di intenti in cui gli elementi emersi dalla fase analitico-valutativa diventano obiettivi da raggiungere. Segue la descrizione del sistema costruttivo proposto alla quale si accompagna il racconto delle fasi che hanno portato alla definizione finale del **progetto** e alla realizzazione del **prototipo**. Il sistema proposto, dopo una fase di messa a punto finalizzata ad eliminare alcuni difetti evidenziati proprio attraverso la realizzazione del prototipo, è stato sottoposto ad una valutazione, simile a quella utilizzata durante la fase analitica. Un **quadro sinottico** conclusivo evidenzia il confronto tra i sistemi analizzati e quello proposto da questo lavoro e mostra come, portando a conclusione l'iter progettuale e migliorando ancora alcuni elementi, esistano fondate possibilità di ottenere un prodotto competitivo.

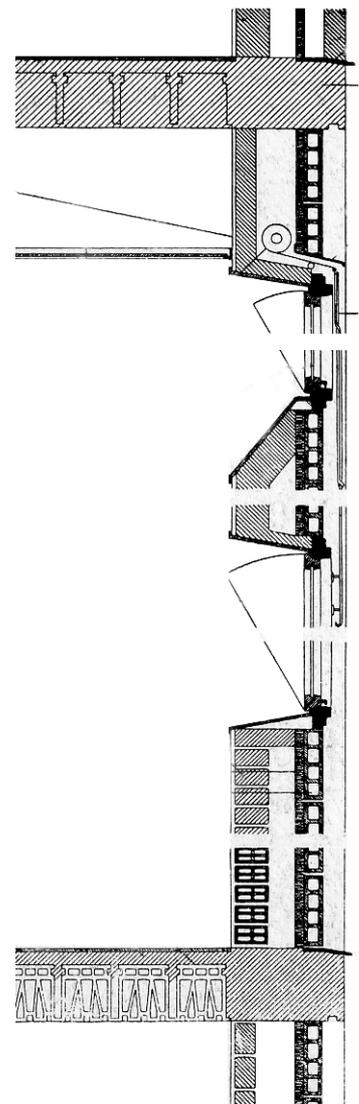
La ricerca, di cui questa tesi rappresenta un resoconto, si ferma a questo punto e nelle conclusioni sono dichiarate le carenze ancora da colmare e la strada che ancora resta da percorrere per giungere alla industrializzazione definitiva del prodotto.

## 2. Ambito tematico

### 2.1 Innovazione tecnologica nei materiali della tradizione

Sempre più spesso, nel tentativo di definire il panorama del costruire contemporaneo, si analizzano le trasformazioni ed i processi innovativi che hanno interessato il settore e che ormai possiamo considerare una costante caratteristica del costruire. L'innovazione tecnologica si applica su varie tematiche e si realizza attraverso percorsi differenti; tra questi la ricerca di nuovi materiali e la sperimentazione di diversi usi di materie prime o prodotti già noti<sup>1</sup> hanno occupato nell'evoluzione dei repertori di tecniche a disposizione dei costruttori e dei progettisti un ruolo assai rilevante. È dunque possibile distinguere due diverse tendenze: la prima tesa all'*utilizzo di nuovi materiali*, la seconda all'*utilizzo innovativo di materiali tradizionali*.

Nel primo caso, si intende per innovazione sia la scoperta di un materiale del tutto nuovo - risultato 'inedito' di una lunga e paziente ricerca realizzata sulla struttura, anche profonda, dei materiali -, sia il processo di trasferimento di nuovi materiali da un settore di ricerca ad alto contenuto sperimentale verso l'edilizia. In tal caso, l'innovazione rappresenta il prodotto di un processo di *trasferimento di tecnologie*. Nel caso di *utilizzo innovativo di materiali tradizionali*, invece, l'innovazione è intesa come re-interpretazione di modalità della tradizione secondo nuove logiche. Essa muove da un'esigenza di fondo: sviluppare e mettere in opera tecniche e processi che d'un canto si pongano in rapporto di continuità con le pratiche tradizionali del costruire, ma che, al contempo, siano espressione dell'ambito economico-materiale, storico, culturale e metodologico in cui la costruzione viene realizzata. Dunque, se nel primo caso l'innovazione tecnologica rappresenta il prodotto di un processo di trasferimento da settori che seguono logiche evolutive spesso squisitamente prestazionali,



*Fig. .2.1\_1*  
Ignazio Gardella:  
Laboratorio Provinciale di  
Igiene e Profilassi, 1938.  
L'uso dei forati in laterizio  
come rivestimento configura  
il prospetto.

<sup>1</sup> cfr. Guido Nardi, Andrea Campioli, Anna Mangiarotti, *Frammenti di coscienza tecnica. Tecniche esecutive e cultura del costruire*, edizioni Franco Angeli, Milano, 1994.

nel caso dell' *utilizzo innovativo di materiali tradizionali* essa viene intesa come prodotto di un processo di attualizzazione della prassi costruttiva (processo di *adeguamento* delle pratiche condivise).

Ed invero, l'utilizzo di materiali "consueti" secondo tecniche diverse da quelle tradizionali, consente di introdurre nel comune operare delle piccole trasformazioni che, oltre a produrre un costante adeguamento delle conoscenze e delle esperienze della tradizione alle mutate esigenze costruttive, determinano un aumento delle possibili applicazioni dei materiali tradizionali e un'evoluzione delle tecniche costruttive ad essi legate: ne sono un esempio il legno e la pietra, tradizionali materiali da costruzione i cui usi, grazie alla conoscenza sempre più specifica delle caratteristiche fisiche e prestazionali, sono oggi declinati secondo i diversi bisogni e le possibilità tecniche dettate dal contesto attuale. L'utilizzo innovativo di materiali tradizionali attribuisce, quindi, un nuovo ruolo a tecnologie le cui potenzialità apparivano già del tutto indagate e, in qualche modo, diventa il principale motore della trasformazione di atti tecnici tradizionali, e talvolta non più attuali, in nuove potenzialità tecniche che proprio perché fondate sull'uso di materiali 'antichi' consentono il rinnovarsi delle tradizioni costruttive. *Si realizza in questi casi l'apparente paradosso di un'azione innovativa che lavora a vantaggio della tradizione.*



Fig. .2.1\_2

**A** Copertura in legno lamellare del padiglione danese alla fiera di Hannover. (T. Herzog)

**B** dettaglio di una delle travi in legno lamellare per la copertura dell'Auditorium di Santa Cecilia a Roma (R. Piano).



Così come l'utilizzo di nuove colle con prestazioni affidabili dal punto di vista strutturale ha consentito la creazione del lamellare e ha trasformato il legno in un materiale molto più flessibile ampliandone sensibilmente l'intervallo prestazionale, la scelta di assemblare il laterizio a secco, su dispositivi costruttivi complessi e ben lontani dalle tecniche murarie originarie, restituisce nuova vita all'antica tradizione costruttiva del mattone, inserendola in un contesto tecnico-produttivo molto più ampio e ci consente di classificare l'atto innovativo che porta alla creazione dei sistemi di facciata in cotto assemblati a secco nella categoria degli utilizzi innovativi di materiali tradizionali.

I nuovi procedimenti costruttivi assemblati a secco, dunque, attribuiscono all'elemento tradizionale di terracotta, oltre che una versatilità ed una flessibilità prima irraggiungibili, una rinnovata

capacità prestazionale. La facciata ventilata in cotto rientra fra quei dispositivi di climatizzazione passiva in grado di migliorare le prestazioni termo-energetiche del manufatto<sup>2</sup>: adottata come chiusura esterna verticale, essa consente, infatti, notevoli benefici in termini di *risparmio energetico*.

Tale risultato è il prodotto della combinazione della riduzione del carico termico dell'edificio – lo schermo avanzato del paramento esterno oltre a proteggere le pareti di chiusura del manufatto dall'insolazione diretta favorisce la circolazione dell'aria all'interno dell'intercapedine riducendo la trasmissione di calore verso l'interno – e del controllo della dispersione termica – l'inerzia termica del materiale di rivestimento e la presenza d'aria nell'intercapedine consentono di abbassare il fabbisogno energetico per il comfort degli ambienti interni.

Seppur lentamente (ovvero secondo i lunghi tempi con i quali il settore delle costruzioni 'metabolizza' i progressi della ricerca), il processo di "traduzione" delle antiche tecniche proprie della costruzione in laterizio nelle facciate ventilate è riuscito, attraverso l'ampliamento degli orizzonti espressivi e prestazionali, a stabilire una nuova relazione fra immaginario tecnologico e memoria culturale.

In effetti, la storia dimostra che spesso si fa ricorso alle forme codificate di un linguaggio già noto al fine di superare il difficile passaggio ad una nuova epoca. «In questo caso la mimèsi rappresenta lo strumento per colmare lo scarto che sempre esiste tra innovazione tecnica e adeguamento culturale»<sup>3</sup>.

E' ciò che è accaduto nel secolo XIX, allorquando i materiali di nuova concezione – ghisa, ferro e cemento – assumevano nelle opere di architettura o di ingegneria l'aspetto dei materiali da costruzione fino a quel momento utilizzati: legno, pietra, ... ; infatti, sia nel caso di materiali per la prima volta adottati nella costruzione che di materiali fino a quel momento sconosciuti – come il cemento –, il passaggio alla nuova tecnologia veniva filtrato attraverso il recupero dei *caratteri formali* delle strutture

---

<sup>2</sup> cfr. Mario Losasso, dossier "Le facciate ventilate in cotto", *Costruire* n°249, febbraio 2004.

<sup>3</sup> Andrea Campioli, "Mimèsi versus tecnomorfismo: un'interpretazione del gesto architettonico", in Guido Nardi, Andrea Campioli, Anna Mangiarotti, *Frammenti di coscienza tecnica. Tecniche esecutive e cultura del costruire*, edizioni Franco Angeli, Milano, 1994, p.50.

lignee o in pietra, appartenenti alla tradizione. Il nuovo materiale è, sostanzialmente, dissimulato nelle vecchie forme.

Con due conseguenze fondamentali: in primo luogo, il processo di attribuzione di un adeguato linguaggio all'innovazione tecnica è estremamente lento<sup>4</sup>; in secondo luogo, è soltanto al termine di tale processo di metabolizzazione dell'innovazione introdotta che i nuovi materiali possono trovare la propria definizione *anche* in nuove forme.

Seguendo un iter sostanzialmente analogo i produttori dei sistemi di rivestimento in cotto hanno a lungo ricercato la legittimazione culturale del loro prodotto nel massimo rispetto dei canoni propri della tradizionale muratura in laterizio. Solo oggi, esaurita questa 'prima fase', tali sistemi stanno iniziando ad acquisire una propria connotazione formale naturalmente giustificata dalle diverse caratteristiche funzional-prestazionali<sup>5</sup> dei sistemi in esame.

È oggi possibile rinvenire sulle nuove facciate diverse variabili compositive ed originali elementi formali: l'esibizione del ritmo delle strutture di ancoraggio, i profili della sottostruttura tenuti a vista, la *texture* dichiaratamente a-tettonica e le qualità estetiche del cotto del rivestimento (molto più ricche e articolate rispetto all'austerità tradizionale del laterizio) rappresentano tutti elementi di forte caratterizzazione dei prospetti, attestano la differenza fra i diversi livelli o materiali del dispositivo ed esprimono la nuova relazione fra la chiusura verticale e lo strato esterno; iniziano in qualche modo a definire un vocabolario formale proprio di questi nuovi sistemi che allude a nuove straordinarie possibilità espressive finalmente proporzionate alle nuove connotazioni funzionali e prestazionali.

---

<sup>4</sup> *ibidem*.

<sup>5</sup> Cfr. Losasso, op. cit.

## 2.2 La costruzione stratificata

Le Corbusier in *Maniera di pensare l'urbanistica* sosteneva «la separazione tra strutture portanti e le parti portate: l'ossatura è indipendente e scende a cercarsi una base d'appoggio nel sottosuolo, senza l'ausilio dei tradizionali muri di fondazione. La facciata, non più vincolata ad una funzione portante, può essere una semplice membrana che isola l'interno dall'esterno»<sup>6</sup>. La scomposizione corbusiana è evidentemente finalizzata alla ottimizzazione qualitativa dell'aspetto funzionale delle varie parti dell'edificio ma prelude culturalmente alla scomposizione produttiva degli anni Sessanta/Settanta, conseguente alla necessità di prefabbricare i componenti in serie utilizzando l'organizzazione industriale. Nel definire «la conversione dell'edilizia al metodo industriale»<sup>7</sup> Guido Nardi parlerà nel 1977 di «edificio inteso come *organismo* definito dalla integrazione di parti *componenti*, ciascuna delle quali, pur se prodotta indipendentemente, deve essere pensata come *elemento* correlato in un insieme»<sup>8</sup>.

Sullo stesso filone di pensiero nasce negli anni Novanta il concetto di costruzione stratificata come l'ideale chiusura di un cerchio; dalla scomposizione qualitativa di Le Corbusier si passa alla scomposizione produttiva dell'epoca dell'industrializzazione edilizia per tornare ad una scomposizione ancora più spinta ma nuovamente motivata da considerazioni di carattere qualitativo. Nella costruzione stratificata, infatti, la parte di fabbrica si scinde ulteriormente ancora a partire dalle prestazioni che le vengono richieste e si ricomponde affidando ad ogni strato una funzione sola. In altri termini la costruzione stratificata può essere intesa come una certa 'attitudine' alla *ricerca della qualità* all'interno delle attività costruttive, qualità che corrisponde alla individuazione della *singola risposta tecnologica* adeguata alla *singola situazione* di progetto. In particolare, per singola risposta tecnologica adeguata alla singola situazione di progetto si intende la soluzione

---

<sup>6</sup> Le Corbusier, *Maniera di pensare l'urbanistica* (1946), tr. It. La terza, Bari, 1965, p.23.

<sup>7</sup> Guido Nardi, *Progettazione architettonica per sistemi e componenti*, Franco Angeli, Milano, 1977, p.39.

<sup>8</sup> ibidem

progettuale più adatta a porre in essere le prestazioni richieste all'unità tecnologica o più in generale a soddisfare le esigenze del sistema<sup>9</sup>.

Sul piano operativo, il ricorso alla costruzione stratificata comporta tre conseguenze fondamentali: la progettazione delle soluzioni tecnologiche; l'integrabilità dei dispositivi di base; la manutenzione dei dispositivi<sup>10</sup>.

La progettazione si trasforma in un **processo additivo** di definizione di soluzioni tecnologiche che, a seconda della situazione, utilizzano adeguati componenti specializzati nel soddisfacimento di precise prestazioni. Le soluzioni tecnologiche risultano, quindi, dall'articolazione di componenti edilizi composti attraverso una successione di strati funzionali specializzati. Ogni dispositivo utilizza i materiali appropriati per realizzare le specifiche prestazioni ormai sempre più complesse. I materiali cui si fa ricorso sono sempre più numerosi: dai tradizionali - reinterpretati secondo nuove tecniche -, a quelli sperimentati in settori differenti e adattati a quello delle costruzioni, fino a quelli che potremmo, a loro volta, definire stratificati o specializzati perché risultato dell'assemblaggio di diversi materiali.

I dispositivi così messi a punto non sono realmente finiti o fissi nella loro configurazione, bensì aperti a continui adeguamenti funzionali e strutturali che comportano in molti casi l'integrazione o la sostituzione di elementi. In funzione di questa flessibilità i dispositivi devono essere integrabili, pronti a ricevere trasformazioni e modifiche anche sostanziali. La costruzione stratificata, quando è anche assemblata a secco, è in grado di mettere in pratica questa flessibilità e integrabilità tramite l'assunzione di logiche di connessione reversibili. Ogni elemento appartenente ad uno specifico dispositivo può essere, così, sostituito da altro componente che arricchisce l'offerta prestazionale del dispositivo, senza alterare le relazioni e la struttura dello stesso, o gli restituisce funzionalità perdute a causa dei processi di degrado connessi all'uso.

---

<sup>9</sup> Zambelli, Vanoncini e Imperadori, *Costruzione stratificata a secco. Tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto*, Maggioli editore, Santarcangelo di Romagna (RN), 1998, p.16

<sup>10</sup> *ibidem*

Ciò premesso, le facciate ventilate in cotto possono sicuramente essere concepite come il prodotto di un processo di stratificazione funzionale e di specializzazione degli elementi che le compongono.<sup>11</sup>

Nel respingere il modello dell'edificio monolitico, fondato sulla gravità, i rivestimenti in cotto assemblati a secco fanno propria la logica della stratificazione dall'interno verso l'esterno (più che dal basso verso l'alto come in gran parte del costruire classico); il nuovo volto dell'involucro in cotto tende ad assumere un carattere più rigoroso e ordinato, abbandona il disegno isodomo e si attesta su allineamenti prevalentemente orizzontali e verticali, senza accentuazioni nodali di rilievo, distendendo la materia laterizia in forma omogenea e, in un certo senso "a-tettonica", sulle pareti.

Progressivamente lo strato di rivestimento, ovvero la seconda pelle dell'edificio alla quale spesso si affida il ruolo espressivo dell'intero manufatto, si è assottigliata e allontanata dalla parete e dagli elementi portanti, lasciando che fra il rivestimento e lo strato resistente esterno si generasse un canale di ventilazione. Nella parete ventilata in cotto questa pelle si è trasformata - per utilizzare le parole dello stesso Zambelli<sup>12</sup> - in uno 'scudo' che, con spessori di gran lunga inferiori rispetto a quelli delle antiche pareti portanti in mattoni, da un canto riesce a difendere meglio l'edificio dai tradizionali problemi legati agli agenti atmosferici, dall'altro diventa essa stessa superficie di interfaccia tra l'edificio e il contesto.

Progettate, quindi, come dispositivo di controllo delle condizioni termoenergetiche dell'edificio, le facciate ventilate, esse stesse classificabili come strato aggiunto all'edificio tradizionale, si articolano su diversi livelli specializzati in precise funzioni o prestazioni. Il più interno è concepito, in primo luogo per ancorare l'intero dispositivo di parete, in secondo luogo per neutralizzare eventuali irregolarità del supporto o fuori-piombo e offrire un valido supporto allo strato di rivestimento. Il livello più esterno (il

---

<sup>11</sup> cfr. Andrea Campioli, "L'evoluzione del laterizio e della terracotta nell'involucro degli edifici", in *Tecnologia e architettura. Pareti ventilate: una scelta per il 2000*, allegato alla rivista *Costruire*, novembre 1998.

<sup>12</sup> Ettore Zambelli, "Linee di tendenza delle tecnologie di assemblaggio a secco", in *Tecnologia e architettura. Pareti ventilate: una scelta per il 2000*, *Costruire*, novembre 1998.

rivestimento) è, invece, responsabile della protezione dell'edificio dagli agenti atmosferici. Entrambi concorrono a indurre all'interno della parete verticale moti d'aria convettivi in grado di apportare benefici in termini di riduzione del surriscaldamento dell'edificio e riduzione delle dispersioni termiche.

## 2.3 L'assemblaggio a secco

L'ultimo tassello chiamato a completare il mosaico di fondo dello studio sulle facciate ventilate in cotto è quello dell'assemblaggio a secco. Molto si è detto e scritto sull'argomento; in questa sede interessa evidenziare quegli aspetti che in qualche misura interfacciano più strettamente con le tematiche affrontate nel seguito. Sul tema scrivono Edoardo Vittoria e Massimo Perriccioli i quali, nel definire l'assemblaggio rispettivamente come una 'ideazione progettante' e una 'tecnica ideativa industriale'<sup>13</sup>, sottolineano la coesistenza, all'interno di questa 'modalità operativa', di aspetti concettuali e pratici.

Nel suo essere strumento operativo, il costruire assemblato a secco consente di stabilire relazioni non solo fra le parti fisiche che compongono la costruzione, ma anche fra elementi immateriali che disegnano il processo progettuale ed esecutivo.

Nel suo essere strumento ideativo l'assemblaggio impone l'adozione di un atteggiamento sostanzialmente inclusivo che obbliga il progettista ad accogliere all'interno della sua opera quote di progettazione importate dall'esterno da armonizzare con la propria; obbliga tutti gli operatori del processo a ragionare sui piani di interfaccia tra prodotti provenienti da universi tecnici differenti; costringe a tenere insieme logiche progettuali e ideative diverse e fondate, alle volte, su paradigmi contrastanti.

È evidente come un atteggiamento operativo che punti all'utilizzo innovativo di materiali tradizionali contiene al suo interno una sorta di ossimoro che richiede una soluzione operativa fondata su quella costante ricerca di compatibilità precedentemente descritta; questa è resa ancora più indispensabile dalla presenza, nei sistemi di facciata in cotto, di parti di supporto generalmente realizzate in acciaio o in alluminio e parti di rivestimento realizzate in terracotta o laterizio, ovvero di strutture dotate di grande precisione dimensionale in naturale contrasto con l'imprecisione strutturale degli elementi in terracotta.

---

<sup>13</sup> Massimo Perriccioli, "Assemblaggio" in Augusto Vitale, Paola Ascione, Antonella Falotico, Sergio Pone, Massimo Perriccioli, *Argomenti per il costruire contemporaneo*, edizioni Franco Angeli, 1995.

I sistemi di facciata in cotto assemblati a secco rappresentano un esempio lampante di quello che Anna Mangiarotti<sup>14</sup> chiamava nel 1994 ibridazione delle tecniche, in cui due catene produttive, strutturalmente molto diverse, confluiscono nella produzione di un sistema costruttivo che presenta gran parte delle sue criticità proprio nella creazione dell'interfaccia tra le due famiglie di elementi. Un'ibridazione riuscita è proprio quella in cui tecniche strutturalmente diverse trovano luoghi di connessione che, senza snaturare le tecnologie di partenza, siano progettati puntualmente per consentirne la “pacifica coesistenza” e l'integrazione. Si può quindi sostenere che un sistema costruttivo come le facciate ventilate in cotto assemblate a secco debba necessariamente contenere una più alta e qualificata “aliquota” di progetto sia rispetto ad un procedimento costruttivo tutto fondato sull'approssimazione propria della tecnologia delle terre cotte, sia nel confronto con uno imperniato sulla millimetrica precisione dei componenti metallici. Come vedremo nel seguito, questa maggiore “densità di progetto”, presente in quasi tutti i sistemi attualmente in commercio, in alcuni casi tende ad aumentare a dismisura la complessità strutturale dei procedimenti costruttivi mentre in altri tende a snaturare alcune delle caratteristiche proprie delle tecnologie oggetto dell'ibridazione.

Le facciate ventilate attualmente presenti sul mercato italiano ed europeo, infatti, presentano spesso un aspetto esteriore troppo condizionato dalla necessità di esigere dagli elementi in cotto la massima precisione geometrica; precisione talvolta raggiunta a scapito dello straordinario valore di *texture* presente nelle tradizionali facciate in laterizio che ne rappresentano l'archetipo di riferimento. Dall'altro lato le necessità connesse alla montabilità e manutenibilità dei sistemi o alla complessità della gestione delle tolleranze rendono alcuni sistemi particolarmente complessi e macchinosi riducendone fortemente l'affidabilità.

L'assemblaggio, quindi, è condizione necessaria per la realizzazione di un incontro felice tra tecniche diverse, ma è

---

<sup>14</sup> cfr Anna Mangiarotti, *La questione del trasferimento: il discorso intorno all'architettura*, in Guido Nardi, Anna Mangiarotti e Andrea Campioli, *Frammenti di coscienza tecnica*, FrancoAngeli, Milano, 1994, pp.74, 75

altrettanto necessario per garantire la rispondenza dei procedimenti costruttivi ad altri paradigmi produttivi e progettuali utili per il tipo di sistemi oggetto di questo studio. La reversibilità, propria delle strutture assemblate a secco, consente, ad esempio, di immaginare procedimenti di manutenzione fondati su una sostituibilità programmata delle parti degradate della facciata. La variabilità e l'intercambiabilità delle parti componenti il sistema ha anch'essa una stretta relazione con i metodi di montaggio meccanici e determina quel grado di adattabilità del prodotto industriale alle diverse situazioni in cui può essere utilizzato.



### 3. Le facciate ventilate: analisi e valutazione

#### 3.1 Sistemi di facciata a schermo avanzato in cotto

I sistemi oggi in commercio che comunemente si definiscono “facciate ventilate” non sempre rientrano a pieno titolo in questa categoria.

La parete ventilata è un elemento tecnico dotato di forte caratterizzazione sistemica che potremmo quindi definire ‘sistema’ a strati sovrapposti basato sul principio del passaggio d’aria all’interno di un’intercapedine posta fra due pareti verticali. La facciata ventilata può essere realizzata accostando e collegando due sistemi differenti o prevedendo una semplice intercapedine nel sistema di chiusura verticale dotata delle necessarie aperture per garantirne la ventilazione.

Angelo Lucchini, in una pubblicazione edita da Il Sole 24 Ore nel 2000, definisce la facciata ventilata come una «parete opaca ... il cui rivestimento esterno è costituito da elementi di varia fattura (distinti per forma, dimensioni e per materiali costituenti) ... messi in opera tramite dispositivi di sospensione e di fissaggio di tipo meccanico o chimico-meccanico, ed il cui lato nascosto rimane separato dal fronte di parete retrostante, sul quale si trova in genere un pannello termoisolante non idrofilo ovvero un freno all’acqua e quindi un isolante idrofilo, tramite un’intercapedine sottile e comunque di spessore sufficiente per interrompere la continuità fisica tra il rivestimento esterno e gli strati di parete, e per consentire una circolazione d’aria»<sup>15</sup>.

Condizione necessaria, quindi, perché un sistema di rivestimento esterno di un edificio si possa definire una facciata ventilata è la capacità di tale dispositivo di indurre, nell’intercapedine da esso creata, l’effetto camino, ossia un tiraggio di aria calda dal basso verso l’alto che espella, nei mesi estivi, il calore in eccesso attraverso apposite aperture situate nella parte alta del fabbricato. È inoltre indispensabile che le suddette aperture siano chiudibili nei mesi invernali per interrompere il flusso d’aria e consentire

---

<sup>15</sup> Angelo Lucchini, *Le pareti ventilate; Metodologie di progettazione e messa in opera di materiali e componenti*, Milano, edizioni Il Sole 24 Ore, settembre 2000, p. 4.

all'intercapedine di assumere il ruolo isolante di una camera d'aria aggiuntiva<sup>16</sup>.

Si può quindi rilevare come con l'impropria definizione di facciata ventilata siano spesso indicati sistemi in cui il rivestimento è semplicemente "distanziato" dalle pareti di chiusura o, ancora, apparati il cui funzionamento è compromesso da un errato proporzionamento fra le parti o da una valutazione non esatta della coerenza del sistema con il contesto climatico in cui è inserito e con l'edificio con il quale va integrato.

Il risultato in termini prestazionali della parete ventilata inoltre non dipende dalle sole proprietà dei materiali utilizzati per la realizzazione della pelle esterna ma anche dall'integrazione con le altre parti dell'edificio (non si trascurino le proprietà termodinamiche della muratura retrostante) o dalle caratteristiche della sottostruttura, generalmente metallica, che sostiene il rivestimento esterno vero e proprio. L'errato proporzionamento della profondità e dell'altezza del condotto d'aria può quasi pregiudicare gli effetti del dispositivo; a rigore la facciata dovrebbe essere suddivisa in "camini" verticali continui e non troppo alti, le pareti verticali dei condotti non dovrebbero consentire dispersioni o interruzioni del flusso d'aria ma incanalare lo stesso esclusivamente verso l'uscita in alto.

Sul mercato dei prodotti per l'edilizia si osserva da alcuni anni un sostanziale aumento delle aziende impegnate nella lavorazione e produzione di sistemi di facciate ventilate (o presunte tali) e in particolare si sta diffondendo l'uso di sistemi che utilizzano elementi per facciata in cotto. La flessibilità d'uso e d'impiego di tali procedimenti costruttivi e la loro capacità di alludere a tessiture murarie dedotte dalla tradizione costruttiva della muratura in laterizio, ne hanno, infatti, garantito una rapida diffusione ed hanno stimolato un impegno sempre crescente nella ricerca e nella

---

<sup>16</sup> Lucchini definisce le facciate ventilate vere e proprie «le poche progettate e realizzate per dare luogo, nell'intercapedine, ad un sicuro flusso d'aria ascendente, azionato generalmente dalla prevalenza naturale dovuta al gradiente tra la temperatura in intercapedine e quella dell'aria in ingresso nella stessa, detta effetto camino, e la cui portata viene regolata in funzione delle condizioni ambientali esterne rispetto ad obiettivi che, nella stagione calda, sono di riduzione delle entrate di calore mentre, nella stagione fredda, riguardano il controllo delle perdite energetiche, dei flussi e dei tassi di vapor d'acqua e delle formazioni gelive in intercapedine e sul piano di facciata». Cfr. Angelo Lucchini, *Le pareti ventilate: Metodologie di progettazione e messa in opera di materiali e componenti*, Milano, edizioni Il Sole 24 Ore, settembre 2000.

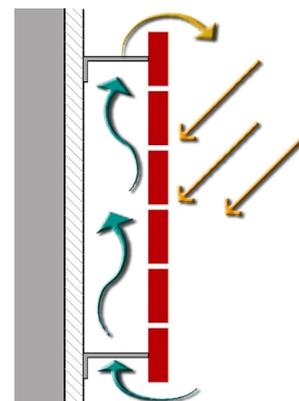
conseguente messa a punto delle tecnologie esecutive. Mentre le più grandi imprese si specializzano nella produzione muovendo dai rapporti di scambio con i progettisti per la messa a punto di sistemi sempre più esatti e articolati, i gruppi più piccoli iniziano ad intravedere un canale produttivo, alternativo alle produzioni tradizionali, su cui immettersi.

Nell'ambito dei sistemi di rivestimento in cotto assemblati a secco si è rivelata necessaria una prima operazione di classificazione per tipologie di facciate ancora, in sostanza, mutuata dal lavoro di Angelo Lucchini. Le tipologie individuate declinano in maniera esaustiva le caratteristiche e le prestazioni dei sistemi in analisi e rientrano tutte fra le *facciate termicamente isolate a schermo avanzato traspirante*; esse sono:

1. **I sistemi di facciata ventilata**
2. **I sistemi di facciata microventilata**
3. **I sistemi di facciata schermata**

In questa suddivisione la questione della ventilazione rappresenta il criterio per classificare i sistemi di rivestimento a secco in terracotta e distinguerne il comportamento ed il contributo all'efficienza termo-igrometrica dell'involucro edilizio.

La categoria della **facciata “ventilata”** comprende quei sistemi dotati di una camera d'aria finalizzata a creare uno spazio di discontinuità tra interno ed esterno e che sono in grado di migliorare le condizioni termoenergetiche dell'edificio cui si sovrappongono. Tali dispositivi rispondono alla sempre più frequente richiesta di soluzioni tecnologiche che possano migliorare il comfort ambientale e contribuire al risparmio delle risorse energetiche<sup>18</sup>. Infatti, nella stagione calda il moto ascensionale, che porta l'aria fresca dal basso verso l'alto così che questa spinga fuori dall'intercapedine l'aria calda, evita il



---

<sup>18</sup> Cfr. Claudio Piferi, “Ricerca per l’innovazione dei sistemi di rivestimento di facciata in laterizio” in, Giorgio Giallocosta, *Seminari di tecnologia dell’architettura*, Genova, edizioni Coedit.

surriscaldamento delle pareti e quindi riduce il passaggio del calore all'interno dell'edificio e permette l'evacuazione del vapor acqueo in eccesso nell'intercapedine; nella stagione fredda, invece, la presenza di aria 'ferma' all'interno dell'intercapedine riduce le dispersioni di calore. Se il proporzionamento della facciata fra prese d'aria, larghezza dell'intercapedine, modulo strutturale è corretto e si considerano le caratteristiche e il trattamento degli elementi di rivestimento, il dispositivo è in grado di ridurre il fabbisogno energetico degli ambienti interni

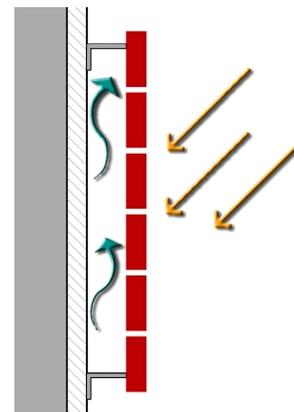
I principali contributi che tale sistema offre sono la protezione dagli agenti atmosferici. La semplice presenza di uno schermo opaco sulle pareti di chiusura dell'edificio, riparando dall'insolazione diretta, consente il **controllo del soleggiamento** e, di conseguenza, una riduzione del carico termico dell'edificio nella stagione estiva. Il rivestimento esterno ha, in realtà, il duplice ruolo di riflettere la radiazione solare e evitare il surriscaldamento delle pareti dell'edificio, da un lato, e, trasmettendo all'interno della camera d'aria una parte del calore accumulato attivare l'effetto camino e favorire il fenomeno della ventilazione naturale di cui sopra.

Come qualsiasi rivestimento in cotto questi sistemi consentono inoltre, un'ottima protezione dell'intera chiusura esterna contro l'azione del vento e della pioggia.

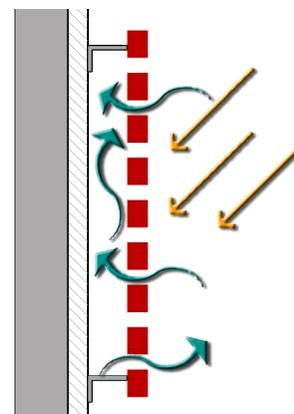
Come qualsiasi sistema di rivestimento distanziato consentono di evitare i ponti termici e la presenza di condensa interstiziale con conseguente formazione di muffe, macchie o efflorescenze.

Le facciate ventilate garantiscono un migliore stato di conservazione, e quindi una migliore efficienza, dei dispositivi per l'isolamento grazie alla protezione dagli agenti atmosferici e dalla riduzione della **formazione di condensa superficiale**. La ventilazione interna, infatti, oltre a tener lontana l'acqua piovana, favorisce la cessione all'ambiente esterno dell'eccesso di vapore acqueo prodotto negli ambienti interni e, all'inizio della vita dell'edificio, l'evaporazione dell'acqua di costruzione in eccesso. Infatti, la stratificazione della facciata ventilata dall'interno verso l'esterno attraverso materiali che possono essere sempre più permeabili, agevolano l'espulsione "osmotica" del vapore acqueo, in ultimo evacuato dalla ventilazione dell'intercapedine.

La **facciata “microventilata”** è quel sistema dotato in buona sostanza delle caratteristiche evidenziate per la facciata ventilata ma caratterizzato dalla presenza di un'intercapedine di spessore inferiore ai 20 mm, ovvero di ampiezza troppo ridotta perché si verificano fenomeni di ventilazione dal basso verso l'alto ma sufficiente ad interrompere la continuità fisica tra il rivestimento esterno e gli strati della parete. Nei casi di involucro a giunti aperti, sul piano della facciata si genera una sorta di ventilazione secondo una direzione non verticale bensì orizzontale che contribuisce, seppur lentamente, al ricambio d'aria e quindi alla deumidificazione e al raffrescamento estivo. Questo tipo di soluzione – come nota Sergio Croce nel suo intervento al convegno presso il Politecnico di Milano dal titolo “Tecnologia e architettura. Pareti ventilate: una scelta per il 2000”<sup>19</sup> – costituisce una valida alternativa per ridurre il fenomeno di formazione di condensa in quei sistemi il cui paramento esterno sia caratterizzato da una elevata resistenza al vapore.



Si passa invece alla terza categoria ovvero alla **facciata “schermata”** quando aumenta considerevolmente la dimensione del giunto orizzontale (aperto) fra gli elementi del rivestimento. Al crescere dello spazio di separazione fra due elementi in cotto si riduce la dimensione della stessa unità di rivestimento fino a raggiungere una conformazione del tutto diversa da quella di partenza costituita non più da elementi montati in continuità bensì da listelli (elementi in cotto la cui dimensione longitudinale è sensibilmente maggiore rispetto a quelle trasversali) montati a distanza considerevole gli uni dagli altri. Questo tipo di soluzioni a schermatura traspirante operano con «una ventilazione d'aria più diffusa e consistente all'interno della parete»<sup>20</sup> sebbene il principio non sia assimilabile a quello dell'effetto camino. La differenza sostanziale nell'utilizzo di questi sistemi risiede nella necessità di prevedere un'adeguata finitura superficiale anche per la facciata



<sup>19</sup> Sergio Croce, “Le facciate rivestite a secco. Problemi di progettazione funzionale” in *Tecnologia e architettura. Pareti ventilate: una scelta per il 2000*, allegato alla rivista *Costruire*, novembre 1998.

<sup>20</sup> Angelo Lucchini, *Le pareti ventilate; Metodologie di progettazione e messa in opera di materiali e componenti*, Milano, edizioni Il Sole 24 Ore, settembre 2000, p. 111.

interna che risulta visibile e quindi esposta direttamente dagli agenti atmosferici.

Le tre tipologie di sistema costituiscono per l'edificio una seconda pelle di rivestimento, più o meno attiva nel garantire il comfort termico all'interno ed assemblata completamente a secco in aderenza all'edificio. Gli elementi che compongono questi schermi non entrano in contatto con la fodera interna dell'edificio, se non nei punti di ancoraggio della sottostruttura, invece contribuiscono a migliorarne l'efficienza per sovrapposizione (o, come già detto, per stratificazione).

I vari tipi di pareti prevedono lo stesso schema di funzionamento e si possono considerare intercambiabili; ad esempio interfacciano sostanzialmente con lo stesso tipo di struttura di sostegno (sia nel caso di pre-assemblaggio del rivestimento fuori opera su pannelli modulari, quanto nel caso di messa in opera in cantiere degli elementi in cotto). Il progetto dei vari sistemi si distingue invece nei fissaggi delle unità di rivestimento che dipendono dalla tipologia di facciata, dalle caratteristiche geometriche e dal materiale degli elementi dell'involucro. Nel progetto di tali connessioni risiede la soluzione degli eventuali problemi di stabilità e di manutenibilità del sistema dato che esse determinano le modalità di sostituzione e movimentazione degli elementi, consentendo, grazie alla tecnologia dell'assemblaggio a secco, il recupero di tolleranze più ampie rispetto a quelle consentite nelle costruzioni a umido.

Fra le tre classi di facciate sono rintracciabili alcune analogie legate appunto alle tecniche di assemblaggio a secco e quindi alla messa in opera mediante dispositivi meccanici. In tutti e tre i casi nei nodi che accolgono il pannello prefabbricato e lo connettono alla sottostruttura esistente, si concentrano i problemi di messa in opera (per le dimensioni e la manovrabilità dei moduli da montare), di esattezza della costruzione, di allineamenti e messa a piombo del paramento.

Le tre categorie di sistemi individuati e descritti in precedenza possono tanto essere applicati su una qualsiasi parete esterna, già eseguita con le varie possibili tecniche, quanto essere prodotti in pannelli preassemblati finiti da montare come una facciata

continua. In tal caso il sistema si presenta come una struttura articolata in un pacchetto di tamponamento in cui lo strato più esterno è funzione delle esigenze di progetto e può appartenere ad una qualsiasi delle tre tipologie descritte in precedenza.

### 3.2 Quadro normativo di riferimento

Nel Gennaio 2003 l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione ha pubblicato una norma (UNI 11018) che fornisce indicazioni relative alle istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di rivestimenti e sistemi di ancoraggio per le facciate ventilate a montaggio meccanico<sup>21</sup>.

Il documento individua, sulla base delle esperienze del settore ormai consolidate, terminologia appropriata, dimensioni, materiali, requisiti<sup>22</sup>, prestazioni, attrezzature relativi al sistema nel suo

---

<sup>21</sup> Oltre la norma UNI 11018 si segnalano altri riferimenti normativi: UNI-EN 121: Piastrelle di ceramica\_piastrille estruse con basso assorbimento d'acqua  $E \leq 3\%$ ; UNI-EN 87: Piastrelle di ceramica per rivestimento di pavimento e pareti\_ definizioni, classificazione, caratteristiche e contrassegno; UNI-EN-ISO 10545-4: Piastrelle di ceramica\_ determinazione della resistenza a flessione e della forza di rottura; UNI-EN-ISO 10545-8: Piastrelle di ceramica\_ determinazione della dilatazione termica lineare; UNI-EN 98; ASTM C880; UNI-EN 2002; DIN 51094.

<sup>22</sup> Per una lettura più approfondita dei requisiti si rimanda alla norma UNI 7959 e UNI EN 11018.

A seguire sono riportati i requisiti di riferimento per valutare i sistemi di facciata ventilata a montaggio meccanico:

Requisiti relativi alla **sicurezza**:

- stabilità;
- resistenza al vento;
- resistenza agli urti;
- resistenza alla corrosione;
- comportamento al fuoco;
- sicurezza alle intrusioni;
- sicurezza ai fenomeni elettromagnetici;
- resistenza ad azioni sismiche;
- resistenza meccanica ai pesi propri.

Requisiti relativi al **benessere igrotermico**:

- permeabilità all'aria;
- tenuta all'acqua;
- isolamento termico;
- controllo della condensazione interstiziale;
- controllo dell'inerzia termica;
- protezione dall'irraggiamento.

Requisiti relativi alla **purezza dell'aria**

- emissione di odori da parte dei materiali;
- emissione di gas, polveri, radiazioni nocive.

Requisiti relativi alla **durabilità**:

- mantenimento delle prestazioni sotto l'effetto degli urti;
- mantenimento delle prestazioni sotto l'effetto del calore, dell'irraggiamento solare, dell'acqua piovana, del gelo e del disgelo;
- mantenimento delle prestazioni sotto l'effetto delle nebbie, delle atmosfere industriali, dei venti di sabbia e polvere;
- mantenimento delle prestazioni sotto l'effetto di permeazioni d'acqua;
- mantenimento delle prestazioni sotto l'effetto corrosivo del microambiente

complesso e a tutti i suoi componenti, fino alle istruzioni per le fasi di montaggio e alle indicazioni per il cantiere e la gestione.

Definita l'esatta terminologia, la norma inquadra funzionalmente la facciata ventilata e la identifica per strati funzionali e in base alle prestazioni che deve garantire. Sono poi individuate le caratteristiche per ogni sottosistema (sottostruttura e rivestimento) dalla scelta dei possibili materiali e delle sezioni o sagome, fino ai metodi per effettuare il controllo di qualità.

La norma individua, inoltre, i requisiti specifici per tutti gli elementi del sistema di ancoraggio<sup>23</sup>, quelli per la sottostruttura di supporto inclusi tutti gli elementi metallici che la compongono<sup>24</sup> ed

---

circostante.

Requisiti relativi ad **esigenze acustiche**:

- isolamento dai rumori aerei esterni;
- isolamento laterale o verticale dai rumori interni;
- comportamento acustico rispetto a pioggia e grandine;
- comportamento acustico rispetto al vento, alle variazioni di temperatura e di umidità.

Requisiti relativi all'**aspetto**:

- planarità;
- omogeneità di colore e brillantezza;
- omogeneità di insudiciamento.

Requisiti relativi all'**attrezzabilità**

- attrezzabilità
- resistenza meccanica ai carichi di servizio.

Requisiti **temporanei**:

- attitudine al trasporto dei componenti: massa; ingombro;
- attitudine all'immagazzinamento;
- attitudine al montaggio.

Requisiti relativi alla **gestione (manutenzione)**:

- facilità di pulizia;
- facilità di sostituzione dei componenti usurati.

<sup>23</sup> Cfr. norma UNI 11018

Requisiti della struttura di supporto del sistema di ancoraggio:

- resistenza statica ai carichi indotti dalla applicazione della facciata;
- attitudine all'applicazione di tasselli;
- attitudine al rivestimento con materiali termoisolanti,
- controllo della deformazione in esercizio;
- controllo dei cedimenti differenziali;
- controllo delle tolleranze di verticalità, orizzontalità, planarità.

Requisiti relativi agli elementi di ancoraggio

- resistenza meccanica: taglio, trazione con/senza flessione;
- controllo della modalità di rottura (strappo) nel supporto edilizio;
- controllo delle deformazioni e degli spostamenti in esercizio;
- compatibilità meccanico-geometrica con staffe;
- ossatura e morsetti;
- compatibilità galvanica con staffe, ossatura e morsetti;
- resistenza al fuoco e controllo della reazione al fuoco;
- resistenza all'acqua ed agli agenti atmosferici (corrosione).

<sup>24</sup> Cfr. norma UNI 11018

Requisiti relativi alla sottostruttura di supporto:

- resistenza meccanica;
- controllo delle deformazioni;
- compatibilità meccanico-geometrica fra staffe, morsetti e montanti;

infine, fra gli altri, i requisiti relativi ai prodotti ceramici per il rivestimento esterno<sup>25</sup>. Infine il documento individua le prove da eseguire su campioni di materiali per verificarne le caratteristiche tecniche<sup>26</sup>.

A questo punto è necessaria una precisazione, lo strumento normativo fornisce istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione dei *rivestimenti e dei sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico*. Concentrandosi quindi sugli elementi tecnici e le loro caratteristiche, la normativa in esame, così come altri strumenti analizzati, non sembra suggerire

- compatibilità galvanica fra staffe, morsetti e montanti;
- compatibilità meccanico-geometrica con il rivestimento;
- resistenza al fuoco e controllo della reazione al fuoco;
- resistenza all'acqua ed agli agenti atmosferici (corrosione);
- sicurezza nei confronti dei fenomeni elettromagnetici (messa a terra);
- controllo della planarità, della verticalità, dell'orizzontalità;
- compatibilità geometrica con la creazione di uno strato di coibentazione termica e di una camera d'aria, anche ventilata.

<sup>25</sup> Cfr. norma UNI 11018

Requisiti relativi ai prodotti ceramici da utilizzare per il rivestimento:

- resistenza meccanica in sezione corrente (carichi/urti);
- resistenza meccanica ai terminali d'ancoraggio e/o agli inserti;
- requisiti relativi alle esigenze di aspetto;
- resistenza all'acqua, al gelo ed agli agenti atmosferici;
- resistenza agli sbalzi termici;
- resistenza al cavillo.

<sup>26</sup> Cfr. norma UNI 11018

a) Resistenza a trazione per flessione: caratteristica meccanica principale del materiale, essa viene determinata per via indiretta tramite prove condotte in accordo con la UNI EN ISO 10545-4, che induce nel provino azioni di flessione e taglio.

b) Resistenza all'estrazione dei fissaggi: «nel caso in cui per questa prestazione non siano disponibili dati storici affidabili, la resistenza all'estrazione dei fissaggi deve essere inizialmente ipotizzata tramite opportuni modelli di carico e coni di distacco agli ancoraggi e quindi verificata sperimentalmente».

c) Resistenza all'invecchiamento: «ove la prestazione del materiale ceramico previsto non sia ricavabile da dati storici affidabili, la sua resistenza all'invecchiamento deve essere dimostrata o determinata sperimentalmente, sulla base della determinazione di alcune caratteristiche (densità, porosità, dilatabilità per variazioni termiche e/o di umidità) e di alcuni comportamenti (assorbimento d'acqua, sensibilità a cicli di gelo e disgelo o ad immersione in soluzioni acide, stabilità dei colori alla luce, abrasività)»

d) Resistenze ammissibili. «Le resistenze ammissibili per i calcoli sia di resistenza alla flessione che di resistenza all'estrazione dei fissaggi devono essere ricavate secondo il metodo semiprobabilistico: la resistenza caratteristica  $\sigma_k$  deve essere determinata tramite valutazione statistica (su almeno 20 campioni) dei valori di rottura desunti dai certificati di prova; è accettabile un livello di affidabilità del 75% per un valore di rottura corrispondente al 5° percentile inferiore; la  $\sigma_{am}$  deve essere calcolata secondo la relazione seguente:

$$\sigma_{am} = \gamma_s / \gamma_{sc}$$

dove:

il coefficiente di sicurezza  $\gamma_s$  per il calcolo della  $\sigma_{am}$  ha due valori distinti a seconda che si calcoli la resistenza ammissibile in sezione corrente ( $\gamma_{s,sc}$ ) o agli ancoraggi ( $\gamma_{s,an}$ ) per materiale ceramico tali valori non devono essere inferiori a:

Coefficiente di sicurezza  $\gamma_{s,sc}$  in sezione corrente = 1,6

Coefficiente di sicurezza  $\gamma_{s,an}$  agli ancoraggi = 2,4

disposizioni per la progettazione delle facciate ventilate né per la valutazione del comportamento fisico-tecnico. In definitiva la norma non offre indicazioni sulla definizione del concetto di facciata ventilata che, come abbiamo visto in precedenza, è vincolato alla creazione nell'intercapedine dell'effetto camino; e, di conseguenza, non si pone il problema di definire quali sono le condizioni per le quali la facciata ventilata è effettivamente ventilata.

Il motivo per il quale la norma non affronta questo problema emerge chiaramente quando si affronta il problema dal punto di vista della fisica tecnica. Appare chiaro, infatti, che il reale funzionamento della facciata ventilata è sottoposto ad alcuni fattori variabili che dipendono dalla singola installazione e che tengono conto del clima del luogo, dei suoi venti dominanti, ma che, soprattutto richiede un'analisi del comportamento fisico-tecnico della facciata condotta con strumenti in grado di analizzare i fenomeni nell'ambito di *regime non stazionario* in cui i parametri cambiano al variare dei citati fattori esterni e in funzione dell'effettivo funzionamento della ventilazione stessa. In buona sostanza la Fisica-tecnica non ha ancora elaborato un software adatto ad effettuare una previsione su quale sarà il comportamento in opera di questi sistemi di facciata ma, attraverso l'osservazione di esempi costruiti, è riuscita a isolare i parametri che sicuramente compromettono il corretto funzionamento del dispositivo.

Si è provato quindi a dedurre queste caratteristiche dallo studio di alcune ricerche scientifiche condotte negli ultimi anni sull'argomento e ragionando sugli esiti di una serie di analisi a campione e sulle prove effettuate su dispositivi costruiti. In particolare, ci si riferisce agli esiti di una ricerca sviluppata in collaborazione fra il CNR e il Dipartimento di Energetica dell'Università degli Studi di Firenze.<sup>27</sup> Nell'ambito di tale studio è stato messo a punto ed utilizzato un modello di simulazione che, integrato con l'osservazione diretta di dati sperimentali condotta su

---

<sup>27</sup> Cfr. Carla Balocco, Frida Bazzocchi, Primerose Nistri, "Facciata ventilata in laterizio: tecnologia e prestazioni", in *Costruire* n°83, 2001 e Balocco C. "A simple model to study ventilated facades energy performance, Energy and Buildings, vol. 34/5, maggio 2002.

facciate ventilate realizzate, consente di valutare il comportamento termofisico dell'edificio.

Inoltre da un programma di ricerca dal titolo "*Interazione edificio-impianto: ottimizzazione delle pareti esterne*"<sup>28</sup> emergono alcune importanti considerazioni sul risparmio energetico ottenuto dall'adozione di facciate ventilate e su quelle che potremmo definire regole generali per la progettazione di tali sistemi. Nell'ambito di questo lavoro, gli autori individuano i fattori (altezza e ampiezza intercapedine, intensità dell'insolazione solare, ...) che consentono di ottenere un reale risparmio energetico e deducono che la parete ventilata con paramento esterno in laterizio è a tutti gli effetti la tipologia di parete il cui risparmio energetico risulta maggiore<sup>29</sup>.

Dall'interpolazione dei dati riportati nelle ricerche sopra citate sono stati individuati alcuni parametri che consentono di definire e valutare il funzionamento di una facciata ventilata.

In sintesi perché la facciata ventilata possa dirsi effettivamente tale deve consentire l'attivarsi del fenomeno dell'effetto camino ovvero deve garantire:

- schermatura totale della parete dall'insolazione diretta (necessaria nella stagione estiva).
- ventilazione all'interno dell'intercapedine tramite l'effetto camino (nella stagione estiva).
- creazione di una "camera buffer" (nella stagione invernale).
- creazione di un sistema di griglie per la ripresa e per l'emissione dell'aria proporzionato rispetto alle dimensioni dell'intercapedine.

In particolare emergono alcuni requisiti di carattere dimensionale e fisico che bisogna rispettare perché l'effetto camino sia attivato all'interno dell'intercapedine, perché le bocche di immissione e di uscita dell'aria favoriscano il ricircolo dell'aria e perché nella stagione invernale l'intercapedine sia isolata dall'esterno e abbia un reale effetto sull'isolamento termico invernale.

---

<sup>28</sup> La ricerca, dal titolo "*Interazione edificio-impianto:ottimizzazione delle pareti esterne*", è stata sviluppata dall'Unità di Ricerca di Pisa nell'ambito del Programma di Ricerca scientifica di Interesse Nazionale "*Sviluppo di algoritmi di base per modelli dinamici di sistemi edificio-impianto per tipologie edilizie mediterranee*" cofinanziato dal MIUR nell'anno 2000.

<sup>29</sup> Cfr. Maio Ciampi, Francesco Leccese, Giuseppe Tuoni, "*Sull'impiego delle pareti ventilate per la riduzione dei carichi termici estivi*", in *Costruire in laterizio* n°89, 2002.

Si assume quindi che<sup>30</sup>:

- la *profondità dell'intercapedine* di una facciata ventilata deve essere proporzionata all'altezza del camino di ventilazione e possiamo dire che non dovrebbe essere inferiore ai 15 cm
- l'*altezza ottimale del camino* non dovrebbe superare i 12 m
- ogni camino dovrebbe prevedere apposite *aperture o bocche di ripresa ed emissione d'aria* proporzionate rispetto all'estensione della camera d'aria. Il rapporto di proporzionamento fra la superficie totale delle aperture di ventilazione e la lunghezza della parete dovrebbe essere pari a  $S/L = 0,05 \text{ m}^2/\text{m}$ .

Inoltre, all'interno dell'intercapedine non si devono generare turbolenze e non devono esser presenti ingombri che possano ostacolare i moti convettivi. A tal fine devono essere attentamente progettati e dimensionati i giunti orizzontali per i quali si individuano due tipologie principali -labirintici e semplici o piani-, e la facciata deve essere ripartita in camini verticali adiacenti ma non comunicanti.

### 3.3 Analisi sistemica dei procedimenti costruttivi.

La comprensione del sistema e la definizione dello stato dell'arte in tema di facciate ventilate in cotto passa per un'analisi del settore di mercato in cui si collocano tali dispositivi. Sulla base di uno studio della produzione e delle opere più significative realizzate con questa tecnologia in Europa, sono stati individuati e analizzati i metodi costruttivi adottati da alcuni dei principali produttori italiani ed è stata poi integrata l'analisi con alcune imprese europee che sembrano al momento i più inclini alla sperimentazione. Dato il numero ridotto di aziende che riescono a mettere in produzione il sistema per facciate ventilate in cotto sul territorio europeo ed

---

<sup>30</sup> Cfr. Frida Bazzocchi (a cura di), *Facciate ventilate. Architettura, prestazioni e tecnologia*, edizioni Alinea, Firenze, ottobre 2002, pp. 304-318.

italiano, possiamo considerare la scelta delle imprese da studiare quasi obbligata e il quadro proposto sufficiente a definire il mercato reale in cui si inseriscono tali sistemi; inoltre si è ritenuto di circoscrivere l'analisi ai sistemi effettivamente utilizzati in almeno un'opera costruita.

Per l'Italia sono state analizzate le due principali aziende che operano nella zona fiorentina: Il Palagio e Sannini entrambe specializzate nella produzione di terracotta secondo le antiche tradizioni di lavorazione dell'argilla della zona di Impruneta, e la RDB, azienda che produce - fra gli altri prodotti per l'edilizia -, componenti in laterizio per facciate ventilate. Alla più ampia scala del territorio europeo sono stati invece selezionati la ditta francese Terreal, gemellata con l'italiana San Marco, e le tedesche Nbk Keramik e Moeding specializzate nella produzione di laterizi.

Per comprendere appieno le metodologie produttive e costruttive utilizzate, data la notevole complessità dei sistemi sul tappeto, si propone quindi una **scomposizione** del sistema di rivestimento in cotto per sottosistemi ed elementi.

Tutti i procedimenti costruttivi analizzati presentano due sottosistemi principali: **sottostruttura** e **rivestimento** a loro volta scomponibili in ulteriori componenti:

1\_ **Sottostruttura**, include tutti gli elementi necessari al sostegno e al collegamento del dispositivo all'apparato murario; si suddivide in:

1.1\_ **Ancoraggi**. Comprendono componenti di interfaccia fra sistema edificio e sistema facciata. Elementi: staffe, tasselli, profili.

1.2\_ **Orditura Principale**. Comprende componenti di supporto e di collegamento fra i giunti di ancoraggio del sistema e lo strato di rivestimento. Elementi, per lo più continui: profilati scatolari, tubolari sagomati, estrusi in alluminio.

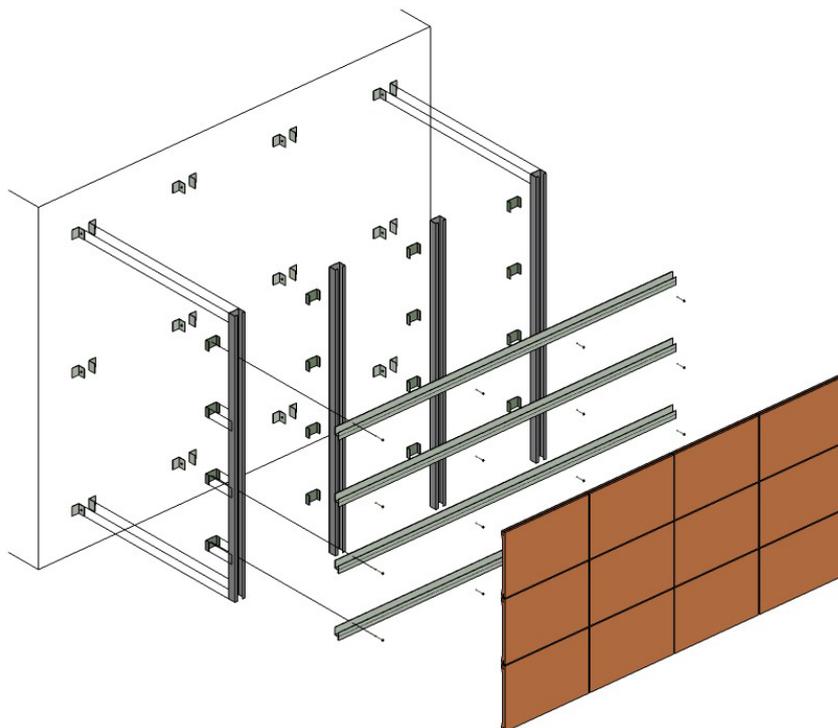
1.3\_ **Orditura secondaria**. Comprende componenti di supporto del rivestimento o di collegamento fra questi. Elementi continui o puntuali: guide, profilati scatolari, tubolari sagomati, tondini e altri elementi per l'appoggio o l'incastro dei componenti di rivestimento.

**2\_Rivestimento**, include tutti gli oggetti che compongono il tamponamento della facciata ed è scomposto in:

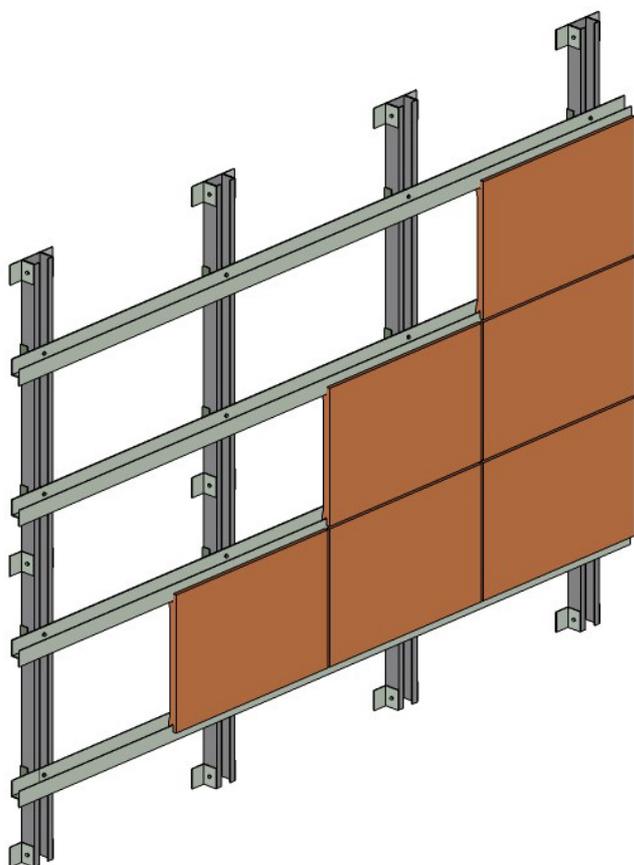
**2.1\_Giunti di connessione e sostegno.** Comprendono elementi di sostegno ancorati ai nodi o alla struttura secondaria che costituiscono in alcuni casi un supporto puntuale per ogni elemento del rivestimento, altrimenti formano un telaio all'interno del quale sono alloggiati i suddetti componenti. Nel primo caso i giunti sono costituiti da: staffe o squadre, ganci, molle, rocchetti o tondini infilati nei fori di alleggerimento della sezione (cfr. il progetto della rivestimento del nuovo volume di ampliamento della sede IRCAM a Parigi); nel secondo i giunti possono appartenere ad uno dei "gruppi" della scomposizione proposta ed essere inclusi, ad esempio, nell'orditura secondaria o nel rivestimento; uno degli esempi di questo secondo caso è il progetto di Renzo Piano per il rivestimento degli edifici per abitazioni realizzati a Rue de Meaux, Parigi, o ancora il progetto delle facciate della Banca Popolare di Lodi; in quest'ultimo caso sono stati progettati, in collaborazione con il gruppo Fisher, dei tasselli in acciaio da inserire in appositi fori predisposti sul retro della tavella.

**2.2\_Elementi in cotto.** Comprende elementi per la chiusura e il tamponamento del sistema facciata: lastre, tavelle, piastrelle, doghe, quadrelli o listelli con le loro caratteristiche di sezione, colorazione, predisposizione degli agganci.

**2.3\_Completamenti.** Comprende componenti la cui funzione di guarnizione, protezione, isolamento contro le infiltrazioni, anti-vibrazione o anti-intrusione garantiscono un miglior funzionamento oltre a maggiori rapidità e semplicità di assemblaggio. Elementi: tasselli in gomma, mastice, elementi in neoprene continui, puntiformi, di sagoma fissa o variabile, schermi e reti.



*Fig. 3.3\_2*  
Esploso assonometrico  
dello schema del dispositivo  
tipo di rivestimento in cotto  
assemblato a secco



*Fig. 3.3\_1*  
Il dispositivo tipo di  
rivestimento in cotto  
assemblato a secco.

### 3.4 Impostazione di una scheda analitica per il censimento dei principali sistemi in produzione in Italia e in Europa

Dalla scomposizione precedentemente illustrata si ricava un quadro completo del sistema tecnologico che ne definisce gli elementi e ne ordina e classifica tutte le informazioni di carattere dimensionale, morfologico e fisico. Ciò si traduce in un esame accurato delle parti, delle interfacce e delle procedure esecutive e quindi contribuisce ad individuare le problematiche generali e specifiche di ogni singolo componente. Per consentire una lettura ed un confronto immediato delle prestazioni offerte dai sistemi le informazioni sono state organizzate in una **scheda di catalogazione** redatta secondo lo schema proposto per la scomposizione delle facciate in sottosistemi e componenti.

La scheda in realtà ha un duplice compito: riassumere e spiegare i sistemi indagati in tutte le loro caratteristiche salienti e sintetizzare le valutazioni sulle prestazioni offerte da ognuno dei sistemi. Lo studio delle facciate prodotte in Italia ed Europa ha, infatti, evidenziato alcuni punti di debolezza o incongruità sui quali è stato concentrato lo studio delle facciate ventilate a montaggio meccanico. Obiettivo di questa analisi critica è appunto individuare le prestazioni che sollevano il maggior numero di problematiche e che realmente costituiscono alcune delle principali criticità per tali sistemi. La selezione dei requisiti è stata effettuata a partire dall'analisi degli strumenti normativi e dagli esiti degli studi per la valutazione delle prestazioni termofisiche delle facciate ventilate sviluppati in occasione delle ricerche<sup>31</sup> citate in precedenza.

Per l'analisi delle prestazioni relative alle fasi di montaggio e manutenzione, al controllo dell'aspetto si fa riferimento ai requisiti relativi alla *gestione*, all'*aspetto* e ai requisiti *temporanei* indicati dalla norma 11018<sup>32</sup>; in relazione alla complessità delle operazioni di *montaggio* o *manutenzione*, i *tempi di messa in opera* o intervento ci si riferisce, invece, alle indicazioni fornite da Angelo

---

<sup>31</sup> Cfr. Ciampi, Leccese, Tuoni e Balocco. cit.

<sup>32</sup> Cit.

Lucchini nella sua pubblicazione dedicata alle facciate ventilate<sup>33</sup>. Per quanto riguarda la valutazione delle prestazioni termofisiche, invece, sono state confrontati ed interpolati i dati forniti dalla normativa unitamente alle indicazioni ricavate dall'esame dei suddetti studi e dall'osservazione, illustrata in diverse pubblicazioni, del funzionamento di edifici realizzati in cui sia stata adoperata tale tecnologia<sup>34</sup>.

Definite le prestazioni, alcuni specifici aspetti della tecnologia delle facciate ventilate e i criteri utilizzati, è stata effettuata un'analisi critica e la valutazione prestazionale dei sistemi scelti.

### **Planarità, orizzontalità e verticalità.**

Con il controllo della planarità ci si riferisce alla verifica degli allineamenti degli elementi rispetto al piano teorico della facciata rispetto al quale nessuna unità in terracotta o modulo di rivestimento dovrebbe discostarsi. Il controllo dell'orizzontalità e verticalità verificano, invece, gli allineamenti dei medesimi elementi secondo ipotetici assi orizzontali o verticali. Tanto la planarità quanto gli allineamenti sono subordinati, da un lato alla regolarità degli elementi in terracotta, dall'altra al progetto della struttura di sostegno e all'esatta messa in opera delle unità di rivestimento (o dei moduli della facciata). In corso di realizzazione, l'esecuzione non esatta di tutte le operazioni previste potrebbe comportare l'accumulo di un errore (di allineamento, messa a piombo o alloggiamento dei pezzi) che, benché inizialmente minimo, aumenta progressivamente. La precisione dell'esecuzione dell'opera è tuttavia condizione necessaria ma non sufficiente per il funzionamento e la sicurezza della facciata; il numero e la tipologia di giunti o connessioni da realizzare rappresentano un'ulteriore variabile responsabile della buona esecuzione della parete.

Il problema sollevato da questi tre fattori non è esclusivamente di carattere formale, ma investe questioni di sicurezza, di durata e manutenzione della facciata. L'errato posizionamento, il disallineamento in verticale o in orizzontale, oltre ad alterare il

---

<sup>33</sup> Cfr. Angelo Lucchini, *Le pareti ventilate; Metodologie di progettazione e messa in opera di materiali e componenti*, Milano, edizioni Il Sole 24 Ore, settembre 2000.

<sup>34</sup> Cfr. paragrafo 3.2

risultato formale della facciata, possono causare, ad esempio, il deposito di detriti o polveri sottili presenti negli agenti atmosferici o aumentare le probabilità di rottura di parti del rivestimento non a piombo. Inoltre, il mancato allineamento sull'asse verticale può compromettere la stabilità della facciata spostando al di fuori dell'asse baricentrico i carichi accidentali e i carichi propri della facciata.

Nell'esame della risposta dei sistemi sono stati considerati scostamenti relativi fra elementi in laterizio o cotto compresi fra 0 e 10 mm, e allineamenti orizzontali o verticali suscettibili di scostamento pari a max 5 mm rispetto all'asse orizzontale o verticale. Sono state inoltre considerate alcune caratteristiche dei sistemi di sottostruttura e di aggancio di questa alla muratura sottostante; sono considerate migliori le facciate che prevedono sistemi di regolazione della verticalità e dell'orizzontalità tramite giunti scorrevoli (quali fori ovalizzati, pattini, etc.). L'offerta prestazionale migliore è quella dei sistemi dotati di almeno un meccanismo di regolazione per ognuno dei tre principali assi cartesiani di riferimento (i due cui appartiene la facciata e quello ortogonale).

La risposta del sistema a questa caratteristica può variare fra tre gradi di soddisfacimento: *mediocre, buono, ottimo* in ragione dei dati dichiarati dall'azienda produttrice interpolati con la presenza di una, due o addirittura tutte e tre le possibilità di regolazione.

### **Complessità strutturale.**

Diversi sono gli aspetti da prendere in considerazioni per provare a definire o valutare la complessità strutturale di un sistema di facciata ventilata. Nell'ambito del processo di progettazione l'esattezza e la scelta di sistemi strutturalmente poco complessi garantiscono l'affidabilità (dell'intero sistema) e il risparmio (di tempo e risorse) tanto in fase di produzione, quanto di montaggio e manutenzione. Il dispositivo è affidabile se progettato in ogni sua parte e costruito secondo precise regole riconoscibili e chiare (anche per tecnici o personale non specializzato). La comprensione di tali regole sottese al dispositivo non solo semplifica le operazioni da eseguire (dal montaggio alla manutenzione) ma lascia spazio all'integrabilità e all'adeguamento del sistema alle diverse

condizioni del contesto. La semplicità del sistema consente, infatti, l'intervento di maestranze dotate di un minore livello di specializzazione.

Al fine di valutare la complessità strutturale del sistema sono state studiate l'articolazione della sottostruttura, il *numero degli elementi* o componenti della struttura da gestire in fase di progettazione ed esecuzione ed i problemi di interfaccia connessi alla scelta di prodotti o materiali diversi. Inoltre, è stato considerato il livello di *complessità e la durata delle operazioni di montaggio* e la *comprensibilità del sistema* e del suo funzionamento.

Il livello di complessità è influenzato, fra gli altri fattori, dal numero e la tipologia di *nodi o connessioni* fra elementi; la previsione di giunti meccanici che prevedono l'attacco mediante viti, bulloni o altri sistemi di collegamento da serrare in opera determina un rallentamento e una complicazione delle operazioni rispetto a sistemi che adottano, ad esempio, l'incastro. D'altro canto è altresì vero che alcuni sistemi in cui il sostegno delle tavole è basato sul principio dell'incastro, prevedono tempi di assemblaggio molto lunghi e complesse operazioni di sostituzione delle parti che richiedono l'intervento di ditte specializzate e il ricorso ad attrezzature o strumenti particolari. Appare evidente quindi che la miglior valutazione non può prendere in considerazione soltanto uno degli aspetti su menzionati né può prescindere dall'includere le intelligenze progettuali dei vari sistemi. I procedimenti costruttivi che rispondono meglio a questo tipo di valutazione sono quelli che ricorrono a prodotti industriali, a semilavorati di uso comune assemblati con regole relativamente semplici. Le facciate nelle quali sono adottati profili industriali per la sottostruttura o dispositivi, trasferiti da settori diversi, per l'assemblaggio e la manutenzione degli elementi sono più affidabili e semplici da gestire: il giudizio è quindi positivo.

Nel valutare la complessità strutturale dei sistemi i giudizi migliori sono stati attribuiti alle facciate che hanno ridotto gli elementi della sottostruttura ricorrendo, ad esempio, a staffe, pinze e molle di sostegno della tavola condivise da più elementi in terracotta adiacenti, e predisposte sugli elementi ceramici o al telaio di connessione. Inoltre, forniscono una buona risposta le facciate con

un numero limitato di connessioni meccaniche, di tipologia nota e riconoscibile, da eseguire in cantiere.

Il giudizio sulla complessità strutturale che, in funzione dei parametri descritti in precedenza, varia da *bassa*, *media* e *alta*, risulta, inoltre inversamente proporzionale al parametro dell'affidabilità complessiva del sistema.

### **Attitudine al trasporto**

Con l'attitudine al trasporto s'intende valutare gli aspetti connessi all'organizzazione del trasporto in cantiere di tutte le parti della facciata. Nell'organizzazione del cantiere rientrano la sincronizzazione di tutte le attività, la suddivisione in fasi temporali del programma esecutivo e il trasporto dei componenti, dei semilavorati o degli elementi prefabbricati. Il progetto deve investire, quindi, la previsione e realizzazione degli imballi, l'ottimizzazione dei trasporti per tipologia, il calcolo del numero di viaggi e della capacità massima del vano di carico dei mezzi. A tal fine è possibile operare un'ulteriore suddivisione che distingue le facciate che prevedono il montaggio di singole unità di rivestimento, da quelle che invece montano in cantiere moduli preassemblati in officina. Naturalmente, nell'uno come nell'altro caso, i costi e i tempi di trasporto dipendono dalla dimensione degli elementi e le differenze non sono sostanziali; il rischio di rottura durante il trasporto è oggetto della messa a punto del sistema fino al progetto degli imballi. Le scelte operate in sede di organizzazione del trasporto incidono anche sulla *movimentazione* e lo *stoccaggio* in cantiere, questioni connesse all'esecuzione dell'opera in cui la dimensione e la manovrabilità dei componenti possono determinare diseconomie e rallentamenti a volte rilevanti. A prescindere dalle dimensioni dei pannelli o dei moduli, l'attitudine al trasporto di un sistema deve essere valutata anche in base alla dimensione e alla complessità del *cantiere*, oltre che all'articolazione del progetto di facciata.

Al trasporto sono, inoltre, connessi fenomeni di sfrido sia degli elementi in cotto, che si possono accidentalmente danneggiare durante il viaggio, sia degli imballi che, a consegna e montaggio effettuato, devono essere smontati o smaltiti. Nel primo caso entrano in gioco le caratteristiche di resistenza meccanica del

materiale, il numero di spostamenti e le condizioni di trasporto, stoccaggio e montaggio; nel secondo, invece, entra in gioco il progetto degli imballi in funzione del tipo di elementi da trasportare e del loro disassemblaggio per il riuso o il riciclo.

Il giudizio migliore è stato attribuito ai progetti di facciate che prevedono il trasporto di imballi di forma regolare da riutilizzare e in grado di sfruttare la massima capacità di carico (*pallet* o *casse* di dimensioni standard e buona resistenza). I sistemi modulati su elementi preassemblati sono stati considerati in grado di fornire una prestazione buona, ma non eccellente, in virtù delle dimensioni generalmente maggiori degli elementi e dei rischi di rottura connessi al trasporto; tuttavia nella valutazione sono stati tenuti in considerazione i vantaggi che tale soluzione progettuale offre in relazione alla necessità di movimentare in cantiere un numero di elementi molto minore.

Un punto a favore, infine, è assegnato ai sistemi che, ibridando le due tipologie ora esposte, trasportano in cantiere moduli di rivestimento preassemblati di piccole dimensioni e completi di sistema di aggancio alla sottostruttura (si pensi a elementi in laterizio montati su telaio, o altri elementi in metallo, che prevedano staffe o tasselli predisposti per il montaggio).

Infine è stato valutato il peso degli elementi da trasportare: la scelta di elementi di terracotta alleggeriti da cavità o da ridotti spessori e dell'alluminio per la sottostruttura possono influire sulla valutazione.

L'attitudine al trasporto di un sistema può essere *mediocre* per sistemi che non posseggono nessuna delle caratteristiche citate, *buona* per quanti posseggono almeno uno degli ultimi due aspetti o sono in grado di garantire forti riduzioni di sfrido durante il trasporto oppure *ottima* nei casi in cui la quasi totalità delle condizioni esaminate siano soddisfatte.

### **Attitudine al montaggio.**

Per valutare le prestazioni fornite dai sistemi in relazione alla questione del montaggio sono stati valutati i processi e le operazioni da eseguire in cantiere per assemblare le facciate. I fattori che definiscono l'attitudine al montaggio sono quelli in grado di garantire operazioni semplici e rapide, i migliori risultati

formali ed estetici e il minimo sfrido di materiale. In quest'ottica sono stati quindi osservati i sistemi e dedotte le sequenze delle operazioni di assemblaggio e montaggio delle parti. A rigore la verifica dei **tempi di assemblaggio** del sistema andrebbe condotta confrontando il tempo di posa in opera effettivo con quello indicato dal documento di accompagnamento del materiale fornito dal produttore. In realtà non sempre è stato possibile reperire tale documentazione e ad ogni modo le differenze di progetto e di produzione dei diversi casi non sempre hanno consentito il confronto diretto. In generale si considera che quanto più è articolato il sistema, tanto più lunghi sono i tempi di assemblaggio e numerose le esigenze e gli elementi da gestire. Le prime osservazioni in merito evidenziano che i sistemi il cui montaggio è vincolato all'assemblaggio in cantiere di ogni singolo elemento in cotto, comportano oltre a tempi di montaggio più lunghi anche livelli di precisione minori nell'esecuzione dell'opera; diversamente, il montaggio di sistemi progettati per moduli preassemblati risulta più rapido, più esatto, e garantisce, a fronte di una successione di operazioni forse leggermente più complesse, un risultato migliore.

Sono stati, quindi, presi in considerazione il *numero di "pezzi"* e la complessità dei sottosistemi da assemblare. Un elevato numero di elementi, infatti, comporta un maggior numero di operazioni di connessione, ancoraggio e regolazioni; nei casi di sistemi progettati sull'elemento singolo di piccola dimensione sono affrontate in cantiere tutte le possibili verifiche di allineamenti, messa a piombo e dell'esattezza dell'assemblaggio di ogni singola parte. Le valutazioni in merito riguardano sistemi in cui il numero di elementi è stato ridotto eliminando l'orditura secondaria e scegliendo staffe di sostegno o guide di supporto comuni a più elementi di rivestimento e in grado di stabilizzare i sostegni verticali. Analogamente sono stati considerati i progetti in cui il numero di montanti verticali è stato ridotto al minimo ricorrendo ad un passo più ampio o, meglio, a sistemi di moduli rigidi da ancorare direttamente alla parete.

Rispetto alla *complessità delle operazioni* da eseguire e al tipo di *attrezzature o strumenti* (dal semplice giravite alla chiave speciale di utilizzo meno frequente) necessari per portarle a compimento,

sono stati considerati negativamente i collegamenti da fissare meccanicamente e regolare in più di due punti, mentre sono stati considerati positivamente sistemi di staffe o molle da porre in opera a incastro o a scatto il cui alloggiamento sia chiaramente evidente.

Sebbene apparentemente più complessi, i sistemi ad elementi prefabbricati sono stati valutati in termini positivi alla luce del risparmio di tempo per le migliori prestazioni in relazione alla questione degli allineamenti da eseguire. La difficoltà di montaggio per queste strutture risiede quasi esclusivamente nell'esatta predisposizione delle staffe o profili di ancoraggio e del collegamento dei pannelli alla muratura. L'adozione di fori ovalizzati, distanziatori ed eventuali elementi di collegamento o irrigidimento facilitano (e riducono di numero) le operazioni di montaggio. La possibilità di intervenire sulla messa a piombo o gli allineamenti secondo le tre direzioni ortogonali e secondo la rotazione attorno all'asse degli stop o delle barre di ancoraggio, determina una premialità della facciata ed un'ottima attitudine al montaggio.

Anche in questo caso, in funzione dei parametri sopra espressi i giudizi variano fra: *mediocre, buona, ottima*.

### **Produzione di sfrido**

Nell'ambito di tutto il processo di realizzazione di una facciata ventilata in cotto, la percentuale di sfrido prodotta rappresenta una questione di grande rilevanza. Essa riguarda tanto i materiali ceramici quanto quelli metallici ed è possibile rintracciare diverse cause per il loro deterioramento. Com'è stato accennato, una quota dello sfrido è prodotta in fase di trasporto ed è legata non solo alle modalità di quest'ultimo ma anche al tipo di imballo utilizzato. Parte ben più sostanziale di questa "perdita" è legata alle operazioni di manovra e montaggio degli elementi in cantiere. Gli sforzi concentrati sugli elementi in alluminio, sulle staffette o le grappe di sostegno e sulle viti o i bulloni di connessione fra sottosistemi determinano stati tensionali in grado di portare a deformazione, e in casi limite a rottura, tanto le parti metalliche quanto le tavole o le unità di rivestimento. Si pensi, a tal proposito, alla difficile interfaccia fra la sottostruttura e il supporto murario dell'edificio. L'irregolarità del supporto costringe molto spesso a lavorare su singoli, o piccoli, elementi per migliorare il serraggio e la messa a

piombo dei montanti o di moduli interi della facciata. Le sollecitazioni concentrate su tali nodi, in cui spesso si trovano a dialogare materiali diversi, compromettono la stabilità delle connessioni, la resistenza delle parti di cui sono composte e di conseguenza dell'intera struttura. Ancora una volta la soluzione di questi problemi risiede nell'esattezza della messa in opera e nel progetto delle connessioni. Sono vincenti i sistemi che adottano supporti e collegamenti in metallo che distribuiscono bene il carico (staffe ad omega o profili a C per supporti alla muratura), appoggi o incastri per il cotto in grado di non trasmettere i carichi di "pezzo in pezzo" sul piano della facciata ma che, invece, li riportano alla sottostruttura (tasselli o staffe e profili, ben collegati ai profili, cui la tavola o il listello si 'appende').

L'altra quota di rilievo nelle percentuali di sfrido è legata alle caratteristiche del materiale ceramico. Parte delle tavole o delle doghe si deteriora durante la messa in opera a causa della complessità dell'assemblaggio, della continua movimentazione e delle modifiche che in alcuni casi il responsabile dell'esecuzione è tenuto ad apportare anche sui singoli pezzi. Sono stati considerati svantaggiosi, ad esempio, i sistemi il cui assemblaggio comporta sforzi considerevoli per "incastrare" i pezzi ceramici. Il forte attrito tra le parti in cotto e la complessità delle connessioni comportano un rischio maggiore di rottura o di prematuro deterioramento degli elementi.

A titolo esemplificativo si riporta il caso di facciate messe in opera partendo dalla prima fila in basso per arrivare all'ultima in alto con progressivo aggravio del peso sulle prime tavole e relativi problemi di carico, di "schiacciamento", per gli elementi ceramici. Per continuare fra le cause di lesionamento si potrebbe citare la precisione dell'alloggio delle tavole negli appositi supporti; la distribuzione dei carichi, del peso proprio e delle tavole adiacenti deve essere omogenea su tutto l'elemento; l'errato posizionamento o allineamento delle staffe sui kerf o negli appositi alloggi può determinare stati tensionali concentrati in pochi punti in grado di compromettere l'integrità dell'elemento in cotto.

Non è stato trascurato, infine, l'aumento delle possibilità di rottura degli elementi in terracotta connesso all'aumentare e al complessificarsi delle operazioni di montaggio e manodopera della

facciata; in questi termini la risposta migliore è offerta, ancora una volta, dai sistemi che riducono il numero di elementi da assemblare in cantiere e demandano alla precisione del lavoro di officina l'ancoraggio del rivestimento.

Alla luce di quanto fin qui illustrato è possibile affermare che le percentuali di sfrido ammissibile non dovrebbero superare il 7%, mentre lì dove i dati non consentono di valutare esattamente la percentuale sono state ricostruite o ipotizzate e valutate le procedure. La produzione di sfrido per una facciata ventilata in cotto può essere così definita *bassa, media, alta* in funzione del riscontro delle suddette condizioni.

### **Manutenibilità**

Con il termine manutenibilità si definisce l'attitudine della facciata a consentire le normali operazioni di manutenzione in grado di riportare la stessa in condizioni simili a quelle di una parete nuova. 'Normali operazioni di manutenzione' di una facciata ventilata includono la *pulizia* di tutte le parti che il trascorrere del tempo, gli agenti atmosferici, l'uso e le comuni sollecitazioni possono sporcare, *l'ispezione all'interno dell'intercapedine* e la **sostituzione** delle parti eventualmente deteriorate.

La reversibilità del sistema, ovvero la possibilità di eseguire tutte le operazioni di assemblaggio all'inverso e "smontare" così ogni singolo elemento del dispositivo, è uno dei principi costruttivi in grado di garantire tutte le operazioni su citate. Quei sistemi che, sulla carta e in linea teorica, sembrano reversibili in alcuni casi rivelano soltanto nel corso di interventi di manutenzione problemi e limiti, fino a risultare più complessi e macchinosi di quanto non si sospetti. Molti altri, invece, pur avendo previsto una successione di rapide e semplici operazioni di montaggio, non consentono la medesima semplicità e velocità in caso di "disassemblaggio". L'ispezione della camera d'aria per controllare lo stato di conservazione della parete retrostante e della faccia interna del paramento in cotto o ancora la presenza di eventuali infiltrazioni o perdite d'acqua, sono tutti aspetti della manutenzione che obbligano all'accesso al camino di ventilazione ovvero alla rimozione di una parte degli elementi del rivestimento.

I sistemi sono, quindi, stati valutati in funzione della reale possibilità di rimozione degli elementi in terracotta e della complessità delle relative operazioni. A definire la semplicità di tali azioni concorrono il progetto dei nodi di sostegno degli elementi, il numero di elementi coinvolti in questa operazione. Sono stati valutati negativamente quei sistemi che, in caso di ispezioni o generale manutenzione, prevedono la rottura anche di un solo elemento in terracotta; è il caso ad esempio dei dispositivi di facciata i cui elementi del paramento sono infilati o incastrati l'uno sull'altro e per i quali non è previsto nessun meccanismo di apertura dell'intercapedine. Inoltre, è stata valutata la tipologia degli agganci e dei collegamenti fra i due sottosistemi e sono stati criticamente analizzati tutti i sistemi nei quali la rimozione di un elemento o giunto di sostegno altera o modifica lo stato e l'equilibrio di un'unità vicina.

Nella maggior parte dei casi l'ispezione è consentita rimuovendo uno ad uno gli elementi in terracotta o spostandone un gruppo, ovvero un'intera parte o modulo della facciata, per accedere all'intercapedine e alla muratura di fondo. Anche in questo caso il giudizio tiene conto di quale numero dei parametri descritti risulta rispettato e varia da *mediocre* a *buona* a *ottima*.

Come accennato tutte le informazioni raccolte durante l'indagine dei sistemi e le valutazioni effettuate sulle caratteristiche qui elencate sono organizzate sulle schede; ognuna di questa è composta di tre fogli ciascuno dei quali destinato ad uno scopo preciso ma tutti concorrenti a definire complessivamente le facciate in termini quantitativi e qualitativi. I disegni riportati nel corpo della scheda sono il risultato dello studio e della modellazione tridimensionale delle facciate.

### 3.4.1 Foglio 1: descrizione del progetto

Il punto di partenza per l'analisi delle facciate consiste nella definizione dei caratteri salienti del progetto di cui il sistema di rivestimento ventilato è parte. A tal fine sono state riportate le principali informazioni inerenti il progetto indicando il progettista o il gruppo di progettazione, la committenza, il sito del manufatto, una breve cronologia (dall'ideazione all'esecuzione dell'opera), le linee sostanziali dell'intervento.

Tali informazioni sono corredate da immagini fotografiche del complesso o dell'edificio e da una sezione tipo che definisce le generalità della facciata. I grafici bidimensionali offrono un primo sguardo sul sistema e consentono di riconoscere sin dall'inizio gli elementi di base del progetto.

intestazione schede:  
università  
dottorando  
tutor  
titolo della tesi

sezione produttore:  
disegni e immagini

titolo e intestazione scheda:  
tipologia di facciata  
numerazione scheda  
produttore  
progettista  
progetto realizzato con il sistema

**SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO**

IL PALAGIO

Il progetto del rivestimento è stato prodotto dall'azienda Il Palagio. Il rivestimento in cotto è posto in opera alla distanza di 20 cm dalla costruzione mediante ancoraggi Hellen. La parete retrostante è rivestita da un cappotto per cui la facciata esercita il sovrappiù. Il pannello, modulo del rivestimento, consta di 12 mattonelle estruse e scanalate che si compongono a gruppi di 4 su 3 file. La filiera di produzione è stata realizzata appositamente su progetto di RPRWA. L'invaso è una miscela di selezionata argille di zona della zona di Impruneta, Toscana (ottimo per risultati di resistenza meccanica, durezza e resistenza ai geli). Il Palagio offre, per la sua produzione, certificati di conformità alle norme ISO 9001/UNI redatti dal Centro Ceramico di Bologna. Complesso professionale di edifici, realizzato per ospitare la sede generale della Banca Popolare di Lodi. L'intervento è costituito da un edificio con un fronte omogeneo lungo la strada principale che fa da cornice alla grande piazza interna dove è situato un grande auditorium circolare e corpi cilindrici per caveaux e torre tecnica, rivestiti in cotto, che si riferisce a forme tipiche della tradizione locale. Il complesso vanta da subito l'intento di una sincera distinzione tra struttura e rivestimento, tra comunicazione e macchina architettonica.

BANCA POPOLARE DI LODI

Progettata  
RPRWA, Giorgio Grandi e Vittorio di Turi  
anno: 1998  
superficie rivestita: 10000 mq

**SEZIONE LIV. COPERTURA**

Elemento di cornice

Vetro stratificato e temperato

Sistema di sospensione in acciaio inox

Pannello di rivestimento

**SEZIONE LIV. TIPO/SPAZI PORTICATI**

Orditura secondaria

Staffa ad ancia aperta

Intonaco con ciclo ai silicati

Eracit sp 2,5 cm

**SEZIONE LIV. TERRA**

Pannello di rivestimento

Staffa ad ancia aperta

Intonaco con ciclo ai silicati

Scossalina in lamiera

Zoccolatura in pietra

Pavimentazione esterna

**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: Il Palagio  
cliente: Banca Popolare di Lodi  
progettista: RPRWA

**1.1**

sezioni e progetto:  
disegni e immagini

testo introduttivo  
relativo al prodotto e  
all'edificio in cui è  
stato impiegato

sezione tipo del  
sistema in analisi  
numerazione scheda

Fig. 3.4.1 Illustrazione di una scheda tipo, foglio 1.

### 3.4.2 Foglio 2: abaco degli elementi

Il secondo foglio della scheda definisce in maniera più approfondita il sistema; ogni procedimento è stato analizzato alla luce della scomposizione proposta nel paragrafo 3.3 e tutti gli elementi, suddivisi fra i due sottosistemi della sottostruttura e del rivestimento, sono stati definiti per forma o funzione ed in relazione con le parti vicine. Il foglio, composto anche graficamente sulla suddetta scomposizione, presenta, quindi, un **abaco degli elementi**, la specifica di tutti i componenti del sistema e la loro rappresentazione tramite **grafici** bidimensionali e tridimensionali. Tale ricostruzione e classificazione degli elementi del sistema è il principale strumento cognitivo ed interpretativo dei sistemi presi in analisi. La descrizione della tipologia e l'individuazione del numero di elementi per ognuno dei sottosistemi consente infatti, di valutare la complessità del sistema e l'offerta prestazionale dello stesso secondo gli aspetti e i criteri descritti in precedenza.



Fig. 3.4.2 Illustrazione di una scheda tipo, foglio 2.

### Foglio 3: grafici di dettaglio e valutazione critica dei sistemi

L'ultima pagina ha, infine, una doppia valenza descrittiva e analitico-critica; accanto ai **disegni tecnici di dettaglio** delle sezioni tipiche del sistema e dei nodi più significativi, sono riportati i risultati del confronto della valutazione delle caratteristiche fisiche e dell'offerta prestazionale dei dispositivi analizzati. Tali valutazioni sono sinteticamente divise in due tabelle, la prima riassuntiva delle caratteristiche fisiche e dimensionali degli elementi, la seconda di valutazione di alcune delle prestazioni offerte. Nella prima tabella sono riportate le principali caratteristiche fisiche dei sistemi: dimensioni degli elementi della facciata, peso per m<sup>2</sup> di parete, proporzioni dei camini di ventilazione, caratteristiche fisiche del materiale, che consentono di classificare il sistema analizzato secondo le tre tipologie fondamentali (facciata ventilata, microventilata o schermata) e di valutarne la prestazioni termofisiche.

Oltre alle dimensioni degli elementi, dei pannelli o dei moduli della facciata, sono stati presi in considerazione i *valori di assorbimento d'acqua* e il tipo di *trattamento delle superfici in cotto* che influiscono tanto sulla permanenza delle caratteristiche estetiche della facciata nel tempo, quanto sul comportamento igrotermico ovvero sulle condizioni microclimatiche interne all'intercapedine.

La seconda tabella, invece, riassume alcune valutazioni relative alla adattabilità alle esigenze di cantiere, alla complessità e ai tempi di montaggio e manutenzione della facciata<sup>35</sup>. I dispositivi a ventilazione naturale sono stati osservati criticamente anche in funzione delle 'intelligenze' espresse in fase di progettazione in termini di appropriatezza della soluzione, affidabilità e complessità strutturale e possibilità di previsione esatta delle operazioni di assemblaggio.

---

<sup>35</sup> Le informazioni utilizzate per le valutazioni sono state raccolte durante alcune interviste ai produttori, italiani e non, di facciate ventilate in cotto e ove possibile da articoli di riviste specializzate.

Fig. 3.4\_3 Illustrazione di una scheda tipo, foglio 3.

intestazione schede:  
università  
dottorando  
tutor  
titolo della tesi

disegni tecnici:  
sezione orizzontale

titolo e intestazione scheda:  
tipologia di facciata  
numerazione scheda  
produttore  
progettista  
progetto realizzato con il sistema

disegni tecnici:  
assonometria

disegni tecnici:  
sezione verticale

legenda

disegni tecnici:  
assonometria

legenda

numerazione scheda

**SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO**

sezione longitudinale

sezione trasversale

vista assonometrica

1.1 fissaggio a forcella  
1.2 montante in acciaio  
1.3.1 staffa in acciaio inox ad acola aperta  
1.3.2 scabellone in acciaio  
1.3.3 tasselli FFP Fisher o lamiera zincata  
2.1 elemento in laterizio tipo A, dim. 2,4x4x6cm  
2.2 elemento in laterizio tipo B, dim. 3,2x4x6cm

**1.3**

**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: Il Palazzo  
caso studio: Banca Popolare di Lodi  
progettista: Risco Piano Building Workshop, Gorgio Grandi e Vistapio di Turi

### 3.5 Schedatura

I procedimenti analizzati sono i seguenti e sono suddivisi a partire dalla categoria di appartenenza (ventilata, microventilata, schermata), secondo quanto descritto nel paragrafo precedente.

In questo paragrafo esse sono ordinate per azienda produttrice di cotto:

#### Il Palagio

- 1) Banca Popolare di Lodi, Renzo Piano Building Workshop. (1998)
- 2) Trenitè Van Doorne, Amsterdam di Architectenbureau, Ellerman, Lucas, Van Vugt. (2001)
- 3) Museo archeologico dei Fori di Aquileia, Pierluigi Feltri, 5+1 (1998-2000)

#### Moeding

- 4) Abitazioni sociali in Holzstrasse, Linz, Austria, Thomas Herzog + Partner. (1995)

#### Nbk

- 5) Ricostruzione di Potsdamer Platz, Berlino, Renzo Piano Building Workshop. (1992-1999)

#### Rdb

- 6) Centro commerciale, Zogno (Bergamo), Romano Ruggieri.

#### Sannini

- 7) Stabilimento della ditta Racotek di Roma, Teramo. (1999-2000)
- 8) Showroom di BP Studio, Osmannoro (FI), Claudio Nardi. (1997-2001)

#### Terreal

- 9) Ampliamento dell'Ircam, Parigi, Renzo Piano Building Workshop. (1987-1989)

- 10) Edifici de la Cité Internationale, Lione, Renzo Piano Building Workshop.(1989-1985)
- 11) Mediateca, Tolosa, Pierre Buffi. (2004)

Woesteland

- 12) Edifici residenziali in Rue de Meaux, Parigi, Renzo Piano Building Workshop. (1987-1991)

Per evitare una ridondanza di informazioni, le opere schedate sono già il prodotto di una cernita preventiva che ha privilegiato, produttore per produttore, i procedimenti costruttivi rappresentativi di gruppi di sistemi che si differenziano per piccole varianti non sostanziali.

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

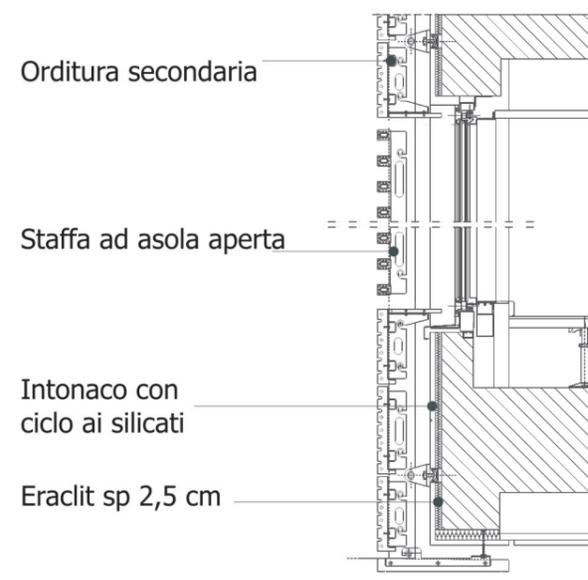


Il complesso della Banca Popolare di Lodi occupa un intero isolato del centro storico della cittadina ubicato nei pressi della stazione. L'intervento è costituito da un edificio con un fronte omogeneo lungo la strada principale che fa da cortina alla grande piazza interna dove è situato un auditorium (a pianta circolare) e fabbricati cilindrici destinati a caveaux, rivestiti in cotto, che ricordano forme tipiche delle tradizionali attività industriali (silos e granai) della zona. Il progetto si configura attorno all'ampia corte centrale che impegna quasi tutta la lunghezza del lotto e nella quale convergono le linee di penetrazione (scorci visuali e strade pedonali) che connettono il centro direzionale con il resto della città. Il complesso svela da subito l'intento di una sincera distinzione tra struttura e rivestimento, tra comunicazione e macchina architettonica ricorrendo ad un sistema di facciata ventilata anteposta ai corpi di fabbrica ad una distanza di 20 cm circa. Il progetto del rivestimento è stato prodotto dall'azienda Il Palagio; il produttore imprunetino ha organizzato e realizzato la filiera produttiva degli elementi in cotto sulla base dei disegni e nelle quantità richieste dal gruppo di progettazione (quantità evidentemente irrisorie rispetto ai numeri della produzione media di un produttore del peso de il Palagio. L'impasto è una miscela di selezionate argille di cava della zona di Impruneta, Toscana.

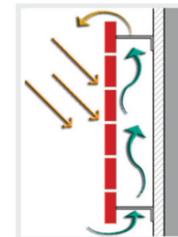
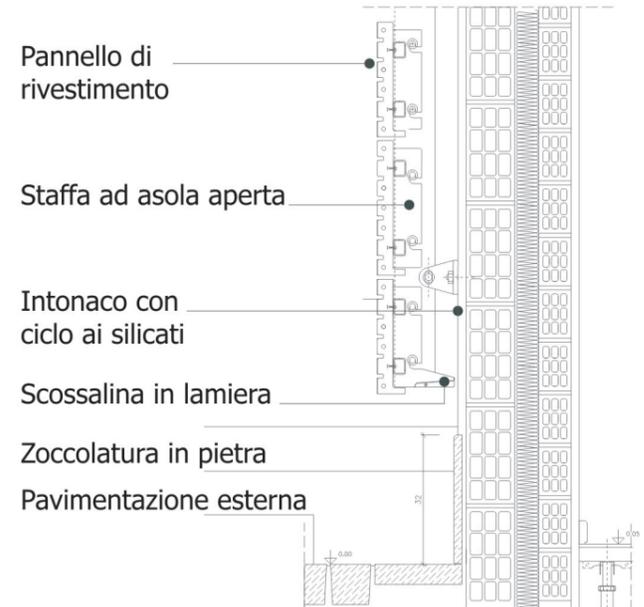
## SEZIONE LIV. COPERTURA



## SEZIONE LIV. TIPO/SPAZI PORTICATI



## SEZIONE LIV. TERRA



**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: Il Palagio  
 caso studio: Banca Popolare di Lodi  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop, Giorgio Grandi e Vittorio di Turi



La sottostruttura portante del rivestimento è realizzata mediante una prima orditura verticale ancorata alla parete di chiusura dell'edificio. I montanti (lame in trafilato di acciaio) sono alti circa 18 m e disposti ad un passo pari a 180 cm. Il modulo della struttura secondaria, preassemblato in officina, è costituito da scatolari (orizzontali) collegati ai montanti tramite staffe ad asola aperta. Tramite quattro rocchetti le piastre collegano ogni telaio ai montanti verticali. L'intera facciata è sospesa mediante ancoraggi Halfen posti a circa 20 m di altezza.

**SOTTOSTRUTTURA**

## 1.1 ancoraggi



1.1.1 fissaggio a forcella

## 1.2 orditura principale



1.2.1 montante piatto in acciaio

Il fissaggio a forcella ancora la struttura muraria retrostante ai montanti.

## 1.3 orditura secondaria



1.3.1 staffa in acciaio inox ad asola aperta



1.3.2 scatolare in acciaio o lamiera zincata

Alle barre orizzontali in acciaio inox sono fissate, con tasselli ad espansione, le lastre in cotto (preassemblate a gruppi di 4)

## 2.1 giunti di connessione e sostegno

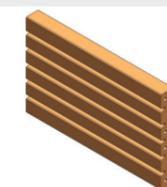
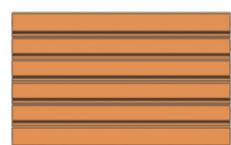


2.1.1 tasselli FZP Fisher

I tasselli FZP Fisher ancorano la lastra agli scatolari in acciaio

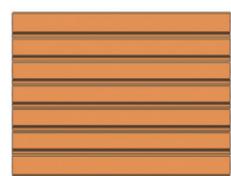


## 2.2 lastra piana rettangolare



tipo A

dim. 27 x 44 x 4 cm  
superficie con 5 scanalature  
a formare 6 fasce orizzontali



tipo B

dim. 33 x 44 x 4 cm  
superficie con 6 scanalature  
a formare 7 fasce orizzontali

la lastra piana rettangolare è posta in opera in due differenti misure.  
caratteristiche dimensionali: altezza 270 mm (tipo A) - 330 mm (tipo B)

larghezza: 440 mm (tipo A e tipo B)

spessore: 40 mm (tipo A e tipo B)

materiale: cotto pregiato imprunetino ingelivo

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo

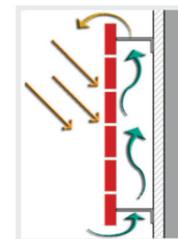
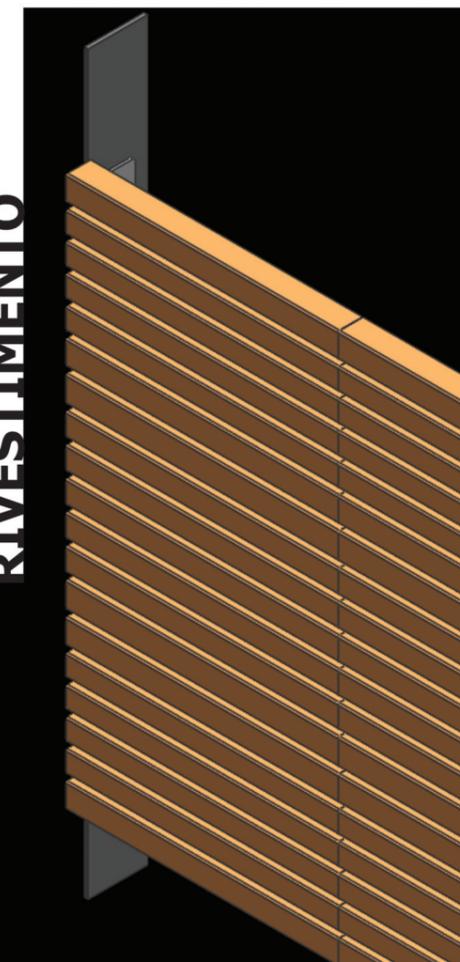
trattamento superficiale: sabbiatura

tipo di aggancio: la lastra è predisposta per l'aggancio nella parte retrostante

posa in opera: a secco con struttura meccanica dedicata

Ogni modulo di rivestimento è costituito da un telaio al quale sono ancorati gli elementi in cotto. Le tavole, appositamente disegnate dal RPBWA, sono agganciate tramite tre tasselli troncoconici FZP Fisher che si inseriscono in altrettanti fori predisposti sul retro delle tavole e sono fissati a scatolari orizzontali. In corrispondenza delle aperture la tavola rettangolare è sostituita da listelli in cotto sorretti da profili in acciaio. Ad eccezione dei tasselli Fisher nessun elemento utilizzato per il sistema è prodotto in serie o industrializzato. Il produttore imprunetino il Palagio si è accollato l'onere di realizzare le filiere in acciaio appositamente per la produzione degli elementi in laterizio sulla base dei disegni e nelle quantità richieste dal gruppo di progettazione.

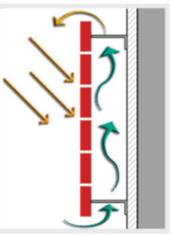
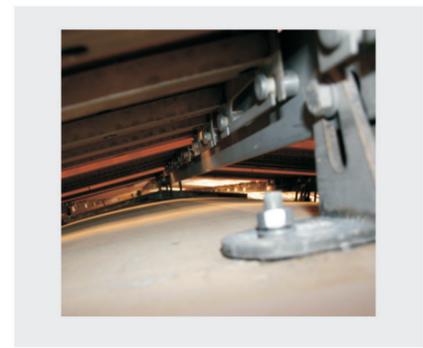
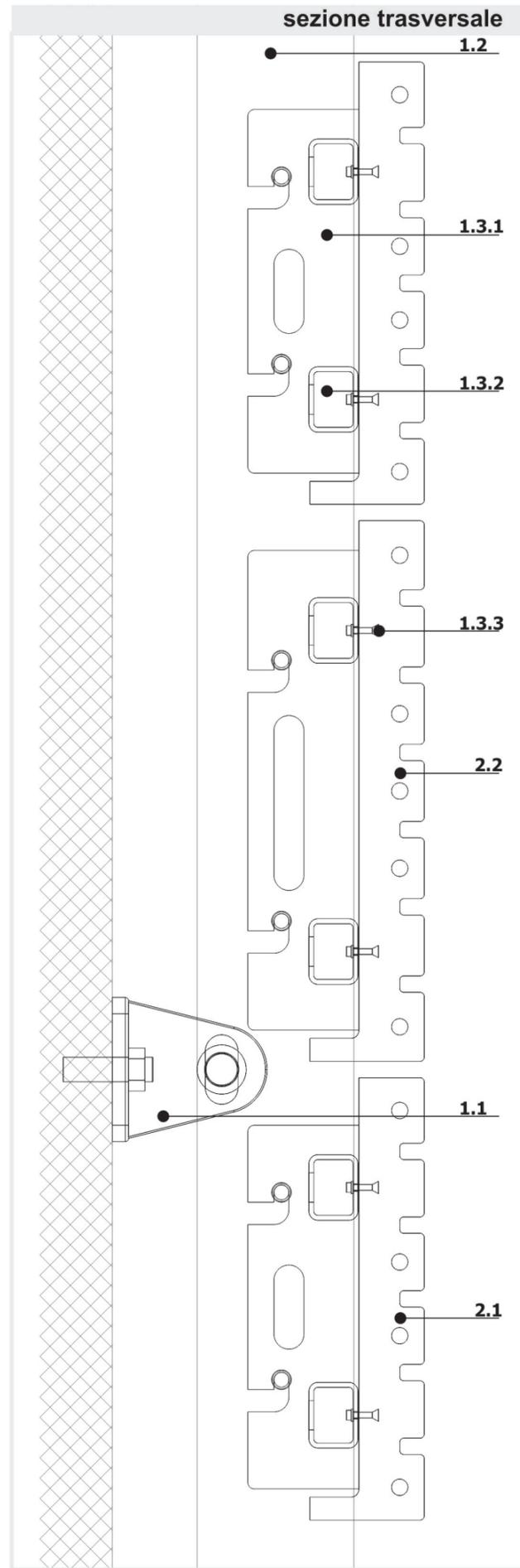
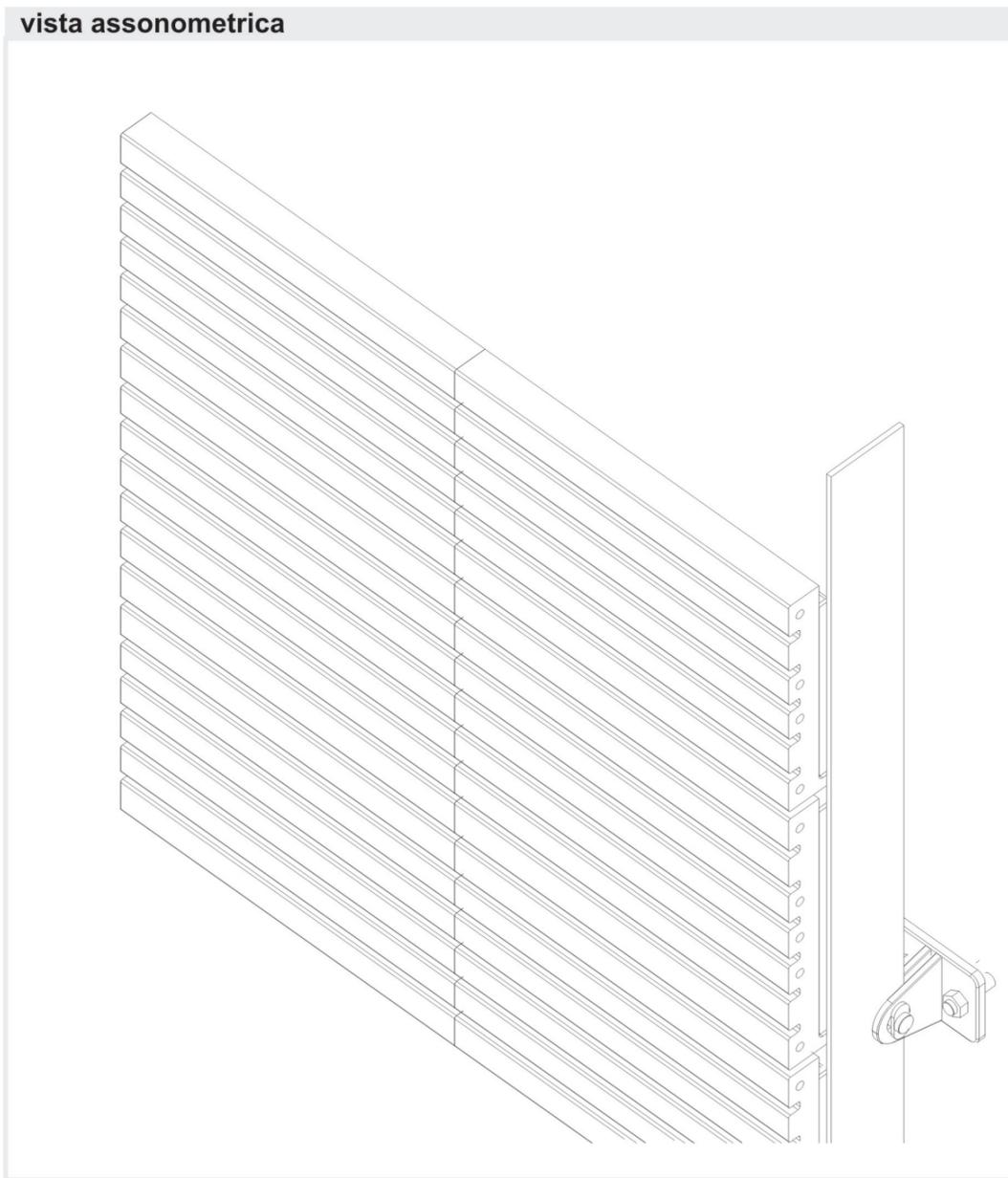
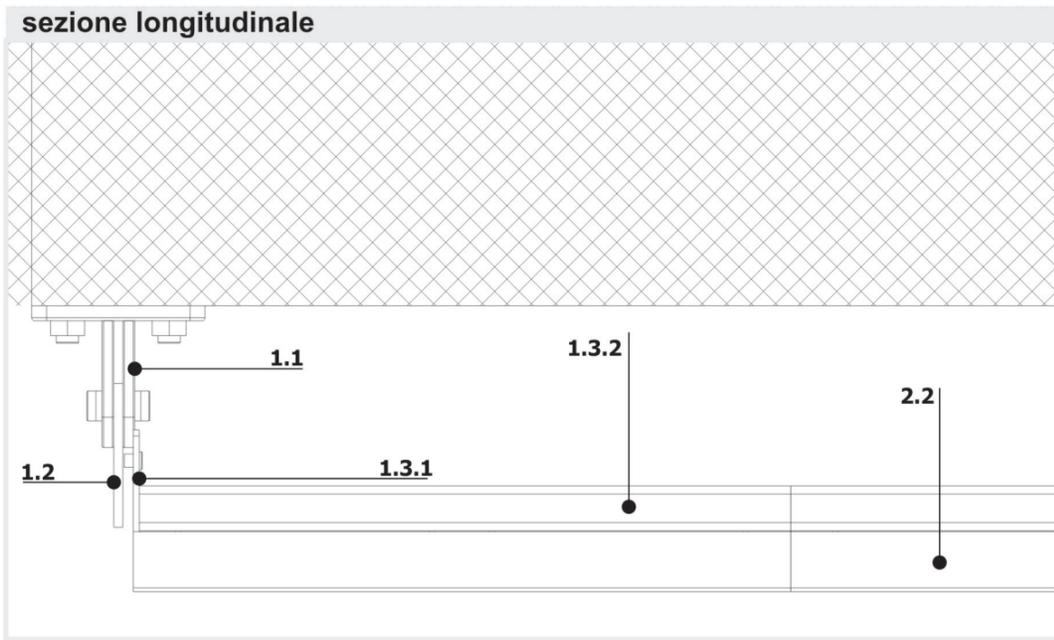
**RIVESTIMENTO**



**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: Il Palagio  
caso studio: Banca Popolare di Lodi  
progettista: Renzo Piano Building Workshop, Giorgio Grandi e Vittorio di Turi

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



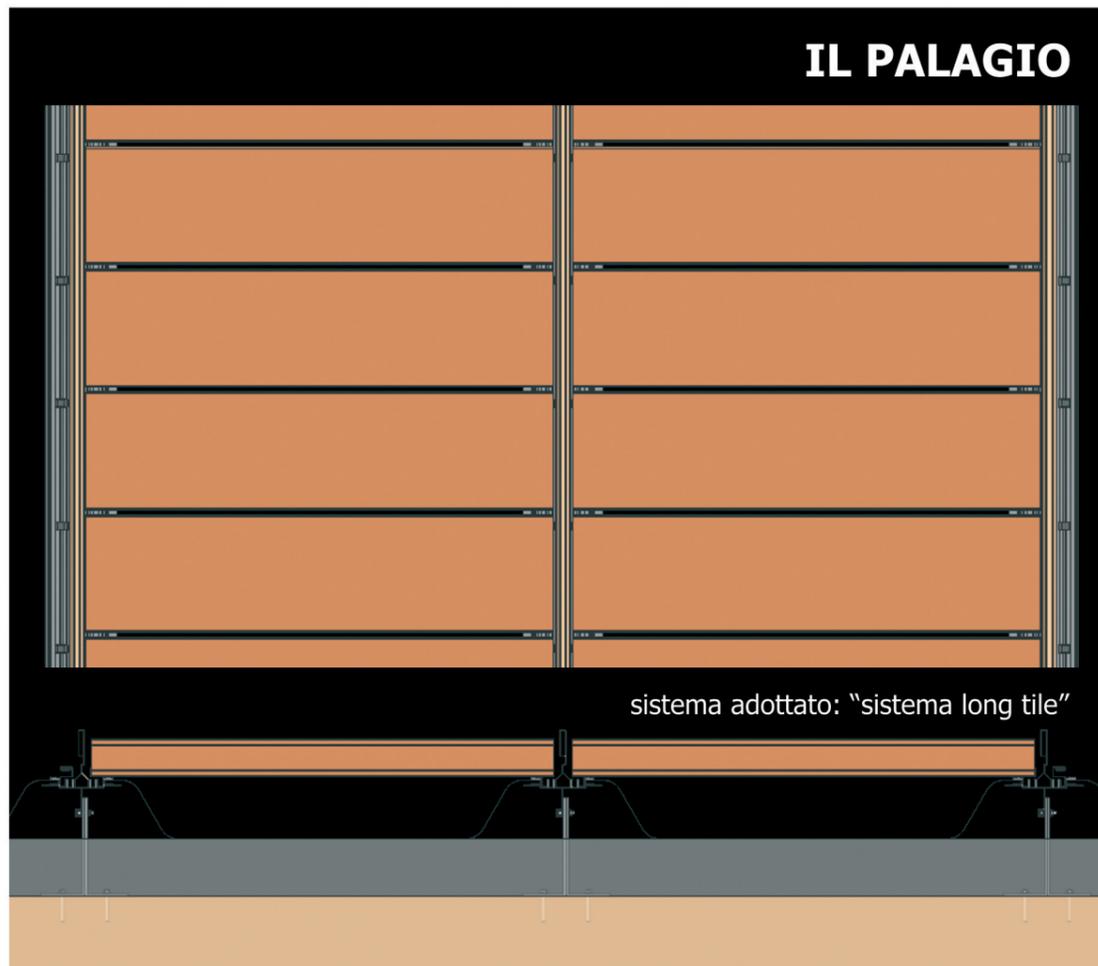
- 1.1 fissaggio a forcella
- 1.2 montante in acciaio
- 1.3.1. staffa in acciaio inox ad asola aperta
- 1.3.2 scatolare in acciaio o lamiera zincata
- 1.3.3 tasselli FZP Fisher
- 2.1 elemento in laterizio tipo A, dim.27x44x4cm
- 2.2 elemento in laterizio tipo B, dim.33x44x4cm

caratteristiche fisiche		
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxxhxb	mm 270 - 330x440x40
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup> 64,5
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm 180x83
assorbimento d'acqua		% 76%
	trattamento superficiale	impregnanti siliconici
giunti	tipologia di giunti orizzontali	semplici
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm 8
camino d'aerazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm 180
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm 20
	altezza massima camini	cm 2000
	presenza aperture ripresa ed emissione aria	si
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine	no

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione	
controllo planarità, orizzontalità, verticalità	buono
complessità strutturale del sistema	media
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro	buona
attitudine al montaggio	buona
sostituibilità	buona
manutenibilità	buona
produzione di sfrido in fase di montaggio e manutenzione	media
livello di specializzazione della manodopera	medio
tempi di montaggio	medi

**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: Il Palagio  
 caso studio: Banca Popolare di Lodi  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop, Giorgio Grandi e Vittorio di Turi



**Edificio per uffici  
Trenitè Van Doorne,  
Amsterdam (Olanda)**

progettista:  
Architectenbureau,  
Ellerman, Lucas,  
van Vugt  
anno: 2001



L'edificio per uffici realizzato ad Amsterdam ritrova nel tema della doppia pelle il principio compositivo alla base di tutto l'intervento. Un parallelepipedo grigio dalle regolari bucaure costituisce un volume neutro e razionale che ospita le stanze, rivestito da una pelle in terracotta. La parete ventilata in cotto avvolge l'edificio in una sequenza colorata e vibrante di pieghe, dall'orizzontale al verticale, attraverso piani inclinati di varie gradazioni. La distinzione classica tettonica tra facciata e tetto qui non ha più senso perché è la medesima superficie che soltanto piegandosi avvolge e si adatta alla parete verticale come alla superficie piana della copertura. La continuità della pelle e l'articolazione del prospetto dipendono dalle attività o dalla qualità degli spazi interni dell'edificio: ora è una pelle forata in corrispondenza delle regolari finestre degli uffici, ora improvvisamente interrotta (come tagliata) e distanziata dal volume retrostante a definire uno spazio pubblico o rappresentativo, ora in aggetto a scoprire il parallelepipedo grigio nella sua semplicità. Le lastre utilizzate per la parete ventilata in cotto sono del tipo Long Tile, poste in opera con differenti altezze e differenti lunghezze, per conseguire gli effetti di vibrazione superficiale previsti in progetto. I giunti verticali sono segnati e sigillati da un profilo aggettante in alluminio verniciato che disegna interamente il progetto sottolineandone, quasi, la trama e l'ordito della veste del manufatto.

## SEZIONE LIVELLO TIPO

molla di  
collegamento  
con lo strato  
isolante

staffe ad "L"  
in acciaio

molla in acciaio

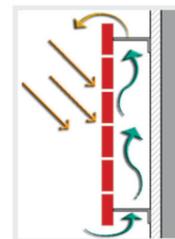
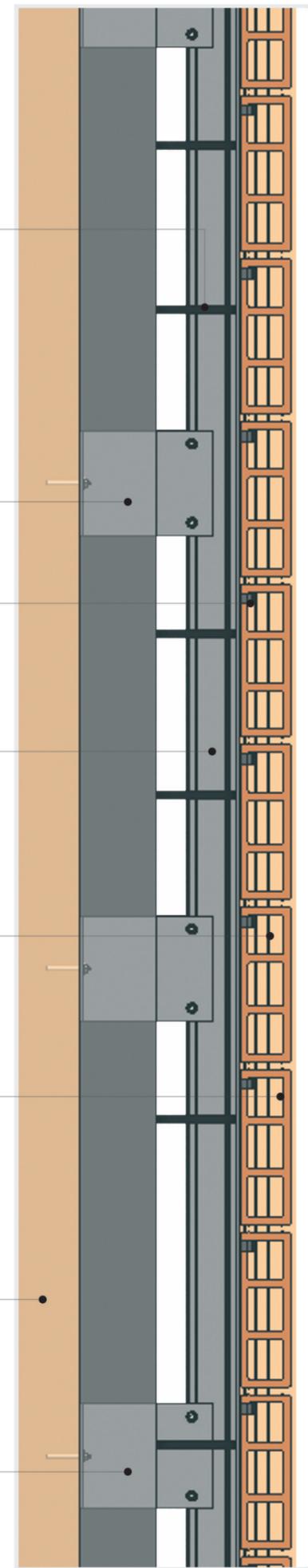
montante

profilato di  
separazione

elemento in cotto  
dim. 200/300  
x 800/1200  
x 65 mm

parete posteriore

staffe ad "L"  
in acciaio

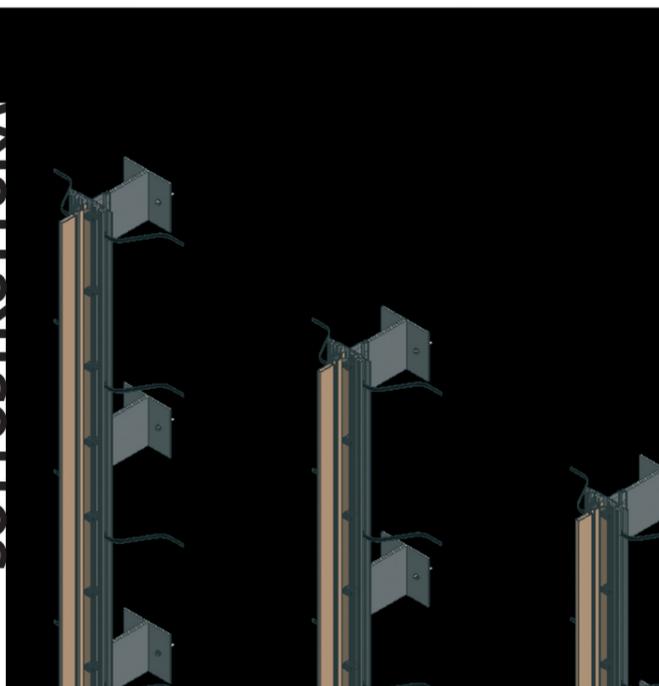


**PARETE VENTILATA**

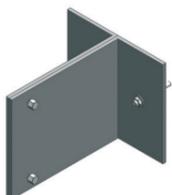
produttore cotto: Il Palagio  
caso studio: Edificio per uffici a Trenitè Van Doorne, Amsterdam (Olanda)  
progettista: Architectenbureau, Ellerman, Lucas, van Vugt

Nel sistema "Long Tile", la struttura portante è costituita da profili verticali agganciati alla parete di supporto con apposite staffe ad "L" in acciaio. Al montante si aggancia la lastra in cotto tramite molle di fissaggio, che hanno, al loro interno, ciascuna un cuscinetto in neoprene. Il montante è sagomato in modo tale da rendere possibile l'alloggiamento di un profilato di separazione nella sua parte centrale, e di strisce che fissano lo stato di isolante ai lati.

## SOTTOSTRUTTURA

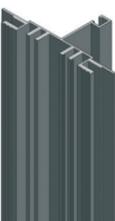


### 1.1 ancoraggi

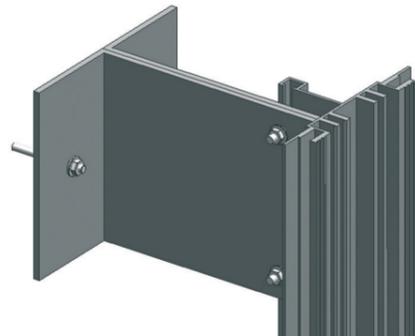


1.1 staffe ad "L"

### 1.2 orditura principale



1.2 montante

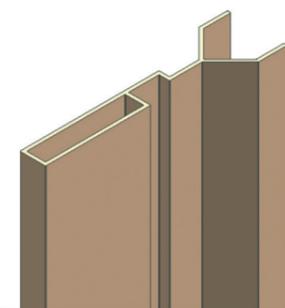


la staffa di ancoraggio fissa il montante alla struttura muraria di supporto

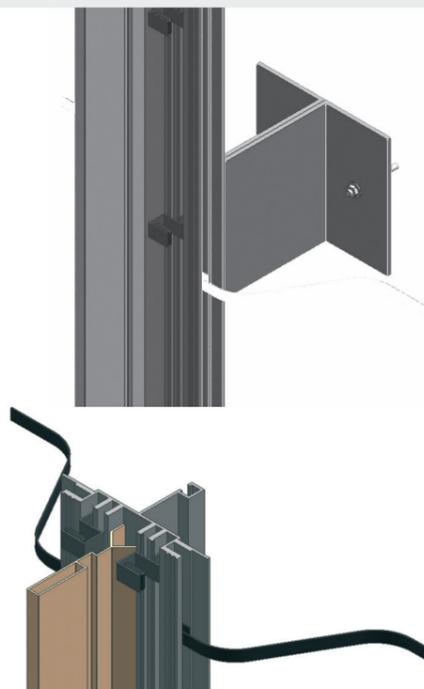
### 1.3 orditura secondaria



1.3.1 molla di fissaggio



1.3.2 profilato di separazione

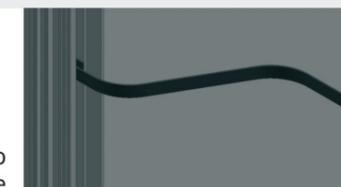


## 2.1 giunti di connessione e sostegno



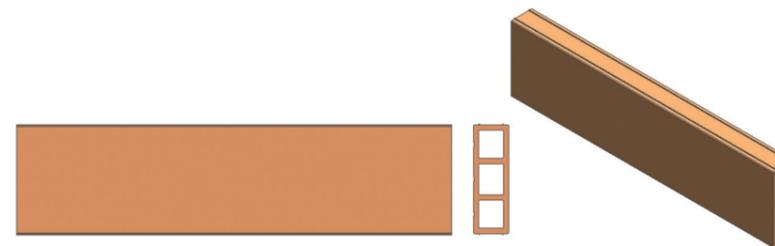
2.1.1 molla di fissaggio con guarnizione in neoprene

striscia di collegamento con lo strato isolante



2.1.2 guarnizione in neoprene

## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 200/300 x 800/1200 x 65 mm  
superficie liscia

### Caratteristiche generali:

materiale: cotto pregiato imprunetino, ingelivo, rettificato e trattato "water resistant"

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo

superficie: arrotata con spazzolatura del pezzo secco o grezza (naturale di estrusione).

tipo di aggancio: seminascosto, la lastra è predisposta per l'aggancio laterale. La lastra è dotata di fori sui lati corti nei quali si allocano le molle munite di cuscinetti in neoprene e fissate ai montanti verticali.

posa: A secco con struttura meccanica dedicata

### Caratteristiche dimensionali:

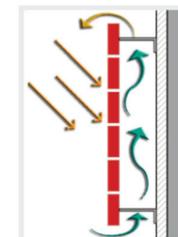
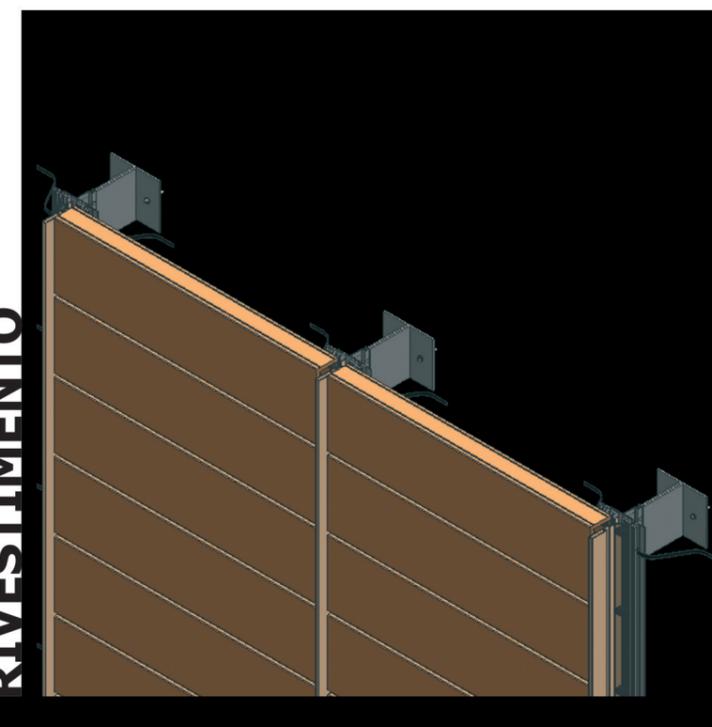
dimensioni standard (nominali): altezza 200/300 mm, larghezza: fino a max 1200 mm,

spessore max: 65 mm ca, peso: ca. 65,4 kg/m<sup>2</sup> ovvero circa 23,35 Kg/pezzo singolo

(lastra da mm 300x1200)

La lastra, del tipo "Long Tile", è a camera d'aria, trafilata a pezzo singolo, delle dimensioni (lxhxs) di 800/1200 mm x 200/300 mm x 65/70 mm. La sua conformazione consente la possibilità di porre a maggior distanza i montanti verticali della sottostruttura. Il progetto della lastra è concepito per l'applicazione su edifici di notevoli dimensioni. Lo spessore è il massimo della produzione de Il Palagio. L'effetto di continuità che si ottiene con questa piastra è tale da essere adatto alla copertura di grandi superfici.

## RIVESTIMENTO

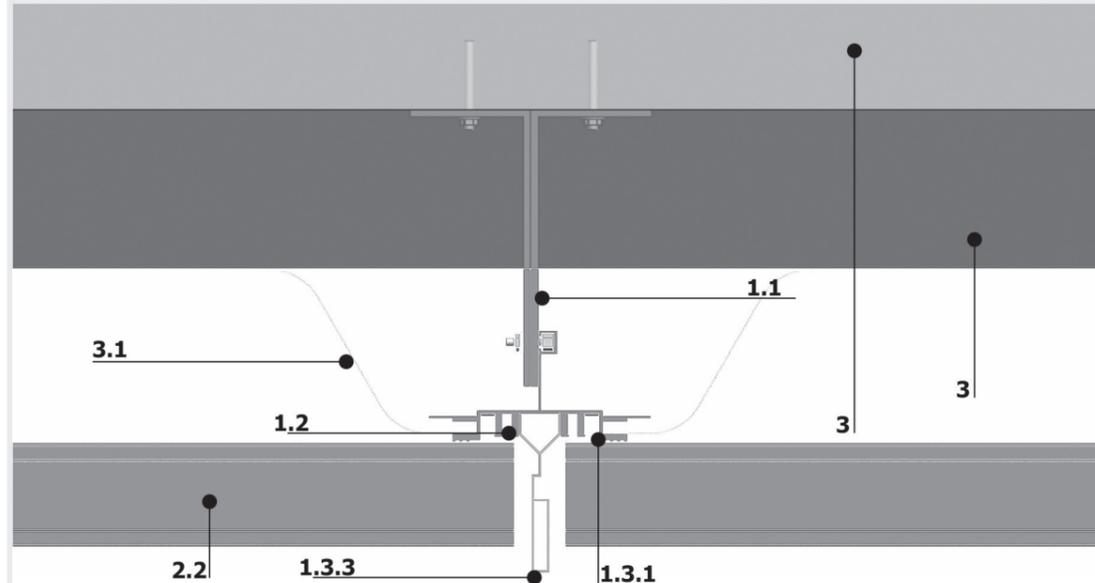


## PARETE VENTILATA

produttore cotto: Il Palagio  
caso studio: Edificio per uffici a Trenitè Van Doorne, Amsterdam (Olanda)  
progettista: Architectenbureau, Ellerman, Lucas, van Vugt

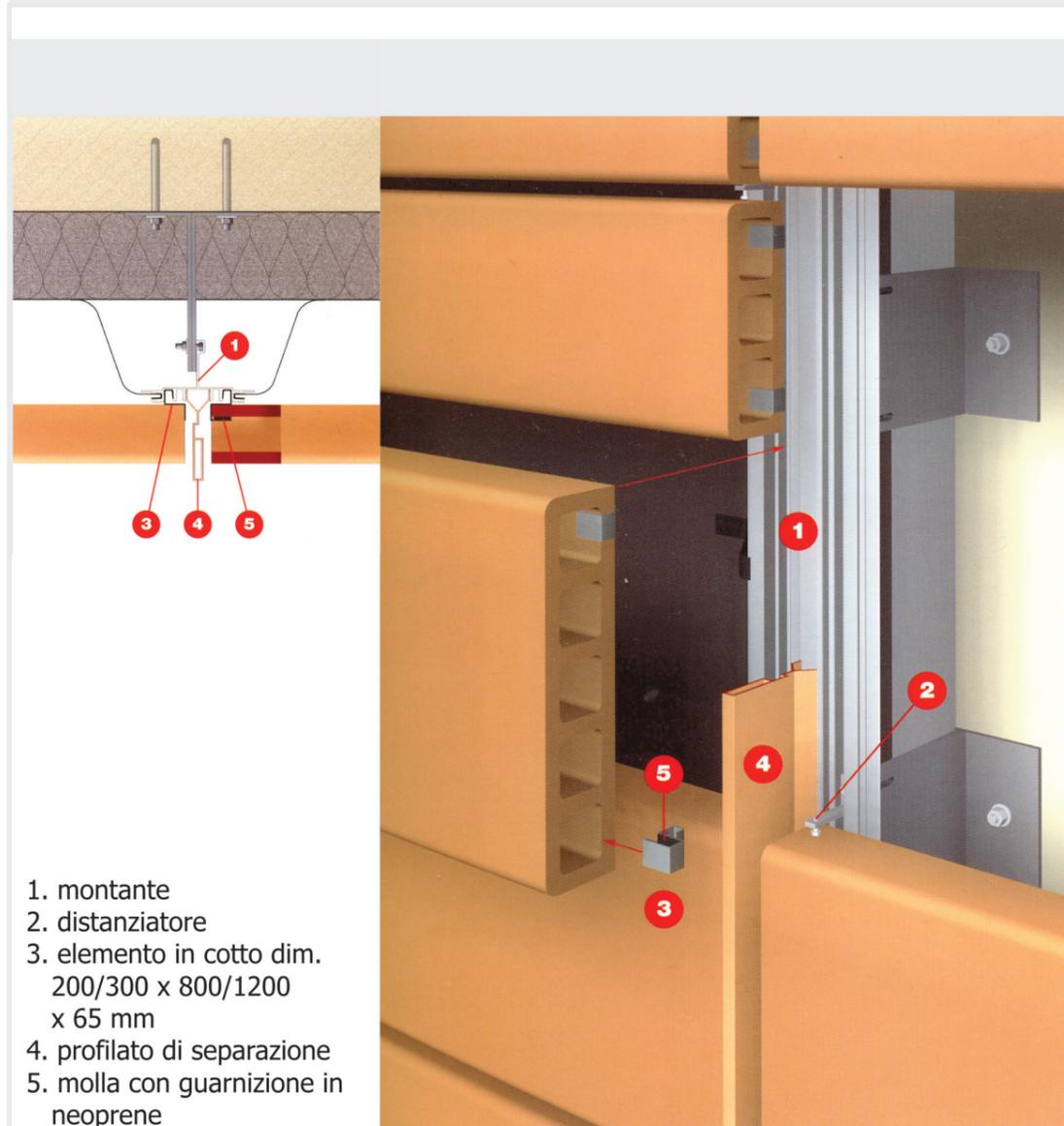
# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

sezione longitudinale



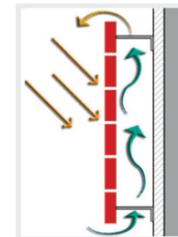
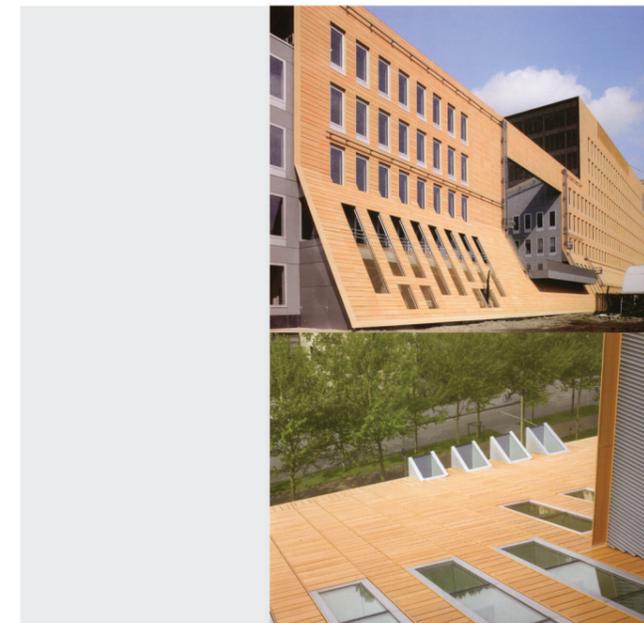
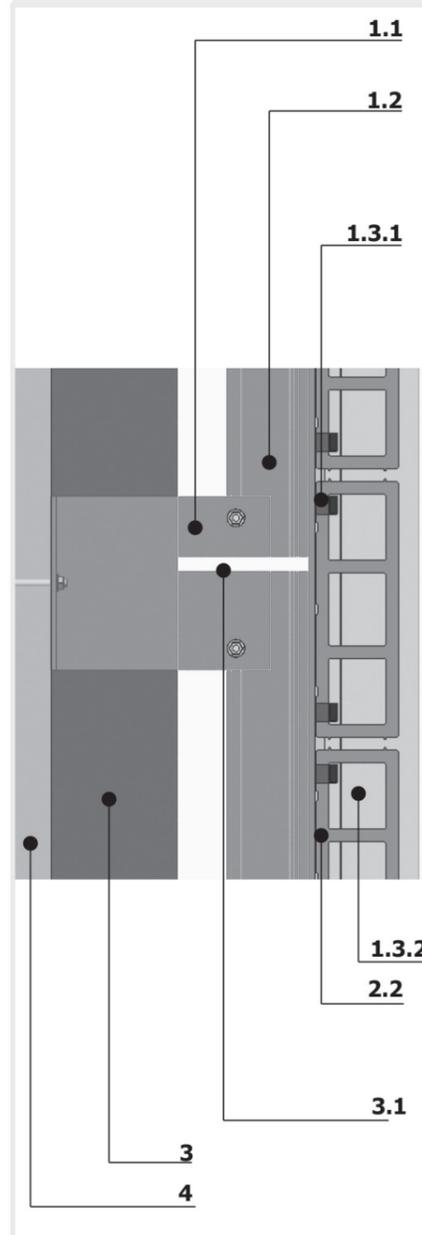
- 1.1 staffe ad "L"
- 1.2 montante
- 1.3.1. molla di fissaggio della lastra
- 1.3.2 profilato di separazione
- 2.2 elemento in cotto dim. 200/300 x 800/1200 x 65 mm
- 3. strato di isolante
- 3.1 striscia di collegamento con lo strato isolante parete di supporto
- 4. parete di supporto

vista assometrica



- 1. montante
- 2. distanziatore
- 3. elemento in cotto dim. 200/300 x 800/1200 x 65 mm
- 4. profilato di separazione
- 5. molla con guarnizione in neoprene

sezione trasversale

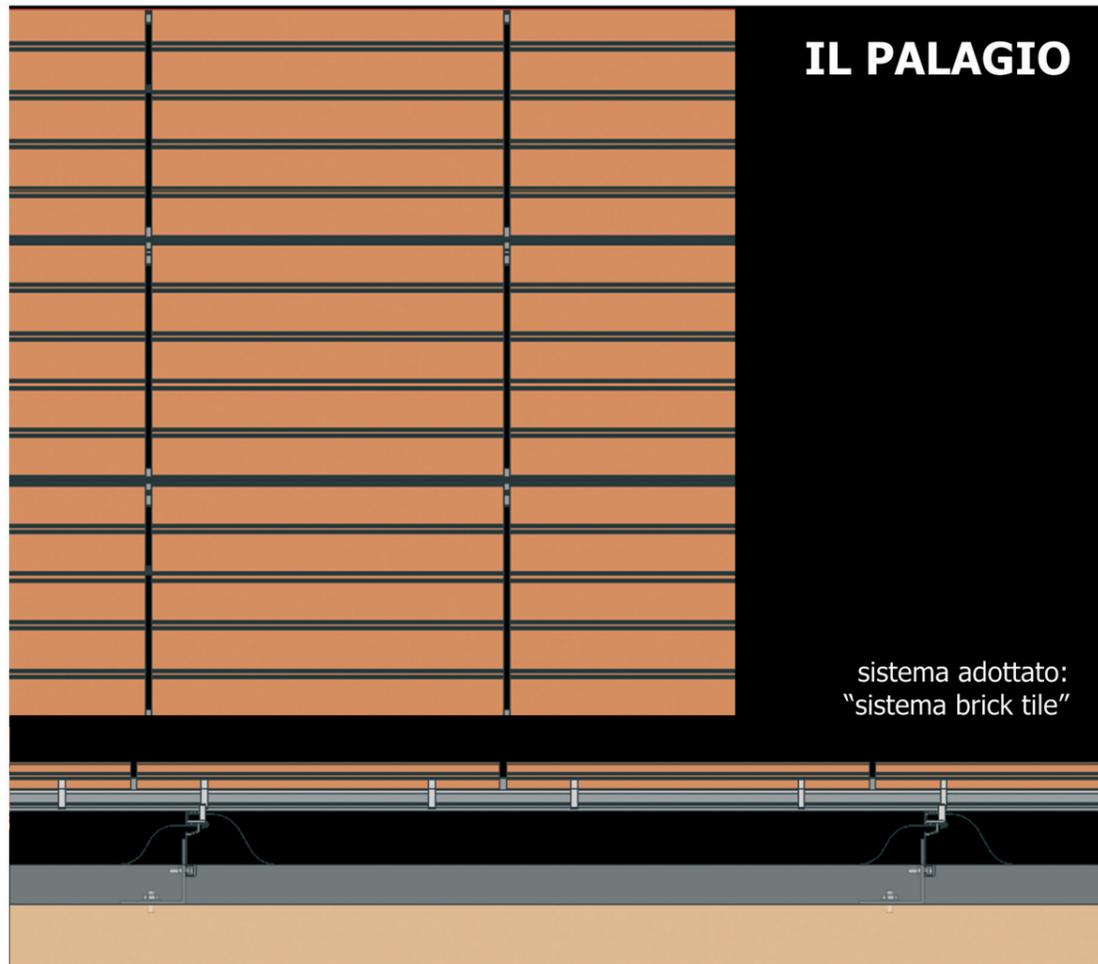


PARETE VENTILATA

caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxxhxb	mm	200/300x 800/1200x65
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	65,4 kg/m <sup>2</sup>
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	--
	assorbimento d'acqua	%	?6
giunti	trattamento superficiale		impregnanti siliconici
	tipologia di giunti orizzontali		semplici
camino d'areazione	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	8
	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	100
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	16
	altezza massima camini	cm	altezza edificio
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

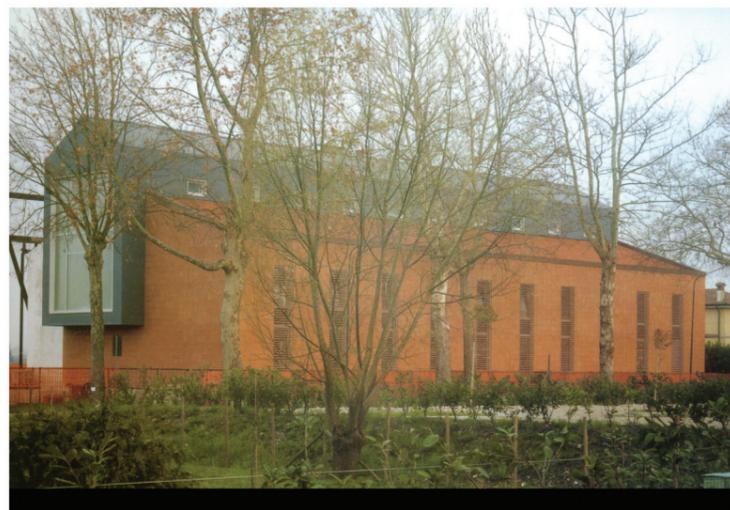
caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione	
controllo planarità, orizzontalità, verticalità	buono
complessità strutturale del sistema	media
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro	buona
attitudine al montaggio	buona
sostituibilità	mediocre
manutenibilità	mediocre
produzione di sfrido in fase di montaggio e manutenzione	media
tempi di montaggio	medi

produttore cotto: Il Palagio  
 caso studio: Edificio per uffici a Trenitè Van Doorne, Amsterdam (Olanda)  
 progettista: Architectenbureau, Ellerman, Lucas, van Vugt



**IL PALAGIO**

sistema adottato:  
"sistema brick tile"



**Nuovo Museo Archeologico del Foro di Aquileia (Trieste)**

progettista:  
5+1 architetti associati,  
Pierluigi Feltri  
anno:1998/2000



Il nuovo Museo Archeologico del Foro di Aquileia è un progetto di recupero e riuso di un vecchio impianto produttivo e del suo scheletro strutturale in cemento armato preesistente, costruito sopra gli scavi archeologici. L'edificio è circondato da una parte dal Foro e il Macellum di epoca romana, dall'altra dalle capanne protostoriche venetiche e dall'area degli scavi. Il progetto originario, di impianto basilicale, mirava a riprodurre, quasi filologicamente, le sembianze di vecchi edifici manifatturieri che sorgevano sull'area. La parte antica della struttura appartiene ad un edificio del II° secolo; questa è collegata ai due piani superiori mediante una scala metallica sospesa che sale verso l'ampia vetrata unita della scena interna e testa dell'edificio. La vetrata sfonda sulle vestigia del Foro Romano, allineate con l'asse longitudinale del corpo di fabbrica principale. La volontà dichiarata dei progettisti ha suggerito, infatti, l'articolazione di tre corpi di fabbrica (incastrati tra loro e leggermente traslati) realizzati con differenti materiali (dall'intonaco, alle mattonelle di fibrocemento, alla parete ventilata in cotto). La parete in cotto contribuisce a trasferire, sul piano della metafora, il ricordo delle immagini di capannoni o fienili della provincia friulana. I tre corpi di fabbrica sono colleganti fra loro e al complesso da percorsi interni e esterni. Fra questi, la scala esterna (fronte ovest) è un autentico osservatorio sulle emergenze archeologiche, ma allo stesso tempo percorso "en plein air" che giunge fino alle antiche fondazioni delle capanne protostoriche.

SEZIONE LIVELLO TIPO

montante verticale

gancio e molla a scatto in acciaio inox

pannello di rivestimento in cotto

supporto superiore con molle a scatto in acciaio inox

pannello di rivestimento in cotto

montante verticale

profilato orizzontale di supporto inferiore

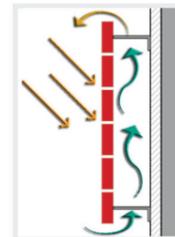
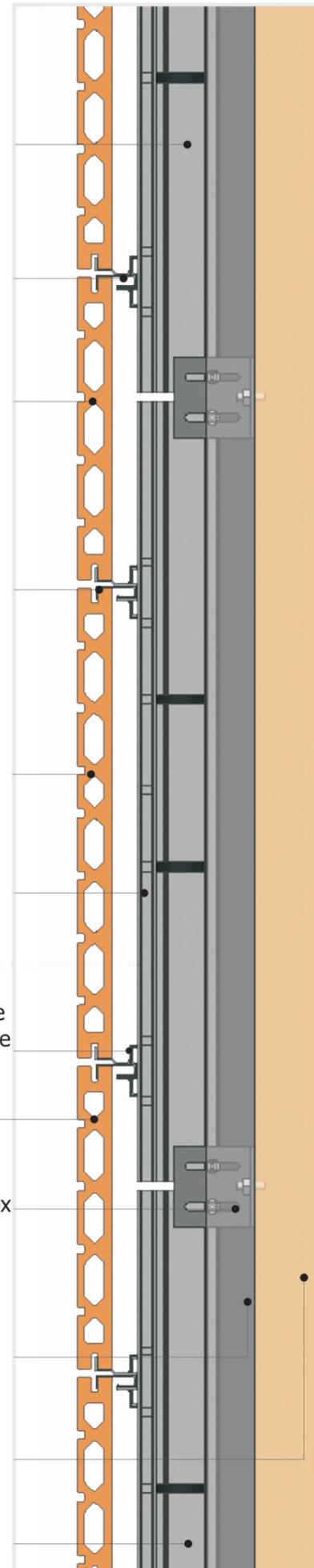
tavella di rivestimento in cotto

staffa in acciaio inox

pannello isolante

parete posteriore

montante verticale



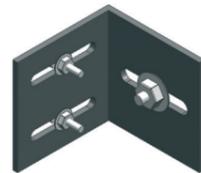
**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: Il Palagio  
caso studio: Nuovo Museo Archeologico del Foro di Aquileia  
progettista: 5+1 architetti associati, Pierluigi Feltri



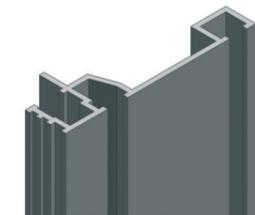
I montanti verticali della sottostruttura vengono fissati alla muratura dell' edificio mediante staffe in acciaio inox. A questi viene bloccato per mezzo di clips un profilato orizzontale continuo che presenta un bordo piegato verso l'alto per alloggiare il kerf inferiore delle lastre in cotto. Il fissaggio del kerf superiore delle lastre viene agevolmente realizzato con molle in acciaio inox inserite a scatto in alloggiamenti appositi del supporto orizzontale continuo. Anche questo sistema permette lo sfalsamento delle lastre dei ricorsi contigui.

## 1.1 ancoraggi



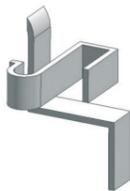
1.1 staffa di ancoraggio

## 1.2 orditura principale

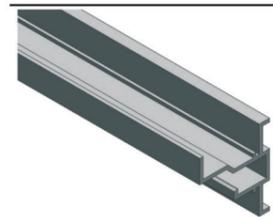


1.2 montante in acciaio

## 1.3 orditura secondaria



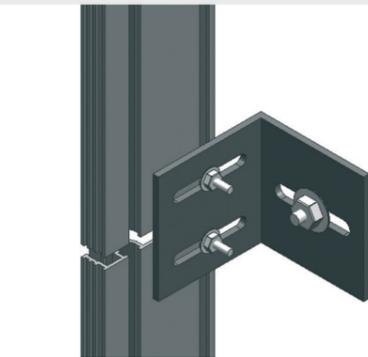
1.3.1 gancio e molla a scatto



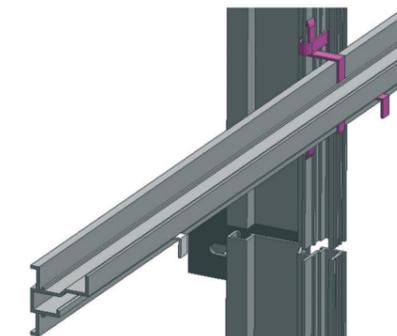
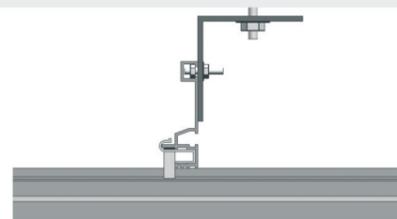
1.3.2 profilato orizzontale in alluminio



1.3.3 molla a scatto in acciaio inox

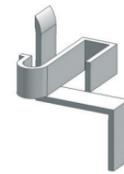


la staffa di ancoraggio fissa i montanti alla struttura muraria retrostante.



ganci e molle a scatto collegano i montanti ai profilati orizzontali.

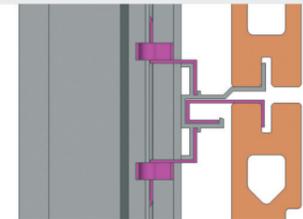
## 2.1 giunti di connessione e sostegno



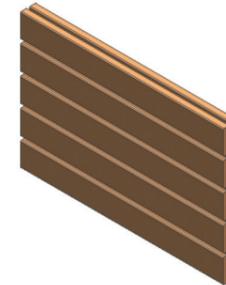
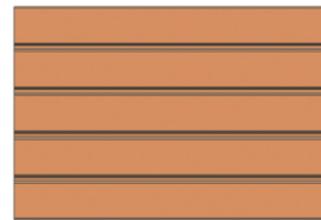
2.1.1 gancio e molla



2.1.2 molla a scatto in acciaio inox



## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 300 x 500 x 35 mm  
superficie con 4 scanalature  
a formare 5 fasce orizzontali

### Caratteristiche generali:

materiale: cotto pregiato imprunetino, ingelivo, rettificato e trattato "water resistant"

Formatura: lastra estrusa a pezzo singolo.

Superficie: "arrotata" con spazzolatura del pezzo secco. La superficie della lastra presenta 4 scanalature di mm 8x8 a formare 5 fasce orizzontali.

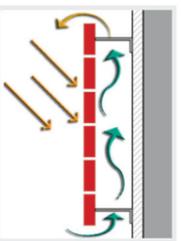
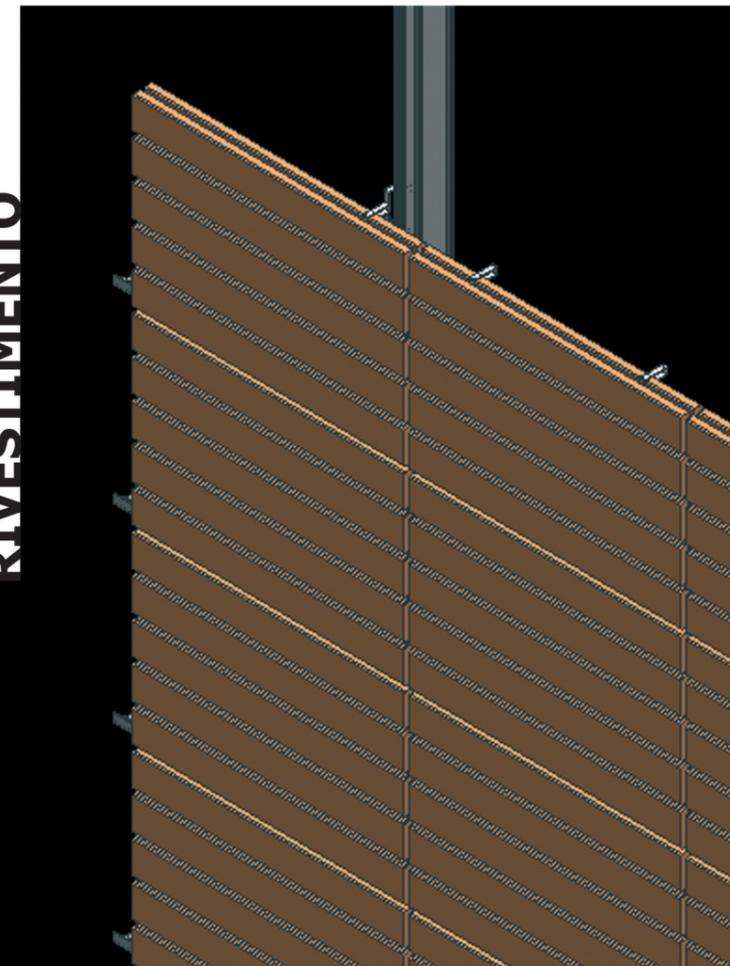
Tipo di aggancio: seminascosto, la lastra è dotata di Kerf sull' asse centrale dei lati superiore ed inferiore.

### Caratteristiche dimensionali:

altezza: 300mm larghezza: fino a max 500mm spessore max: 35 mm ca peso: circa 6,5 Kg/pezzo singolo (lastra da mm 300x400); ca 54,6 Kg/mq posa in opera: a secco con struttura meccanica dedicata; n° 8,4 pezzi/mq (lastra da mm 300x400)

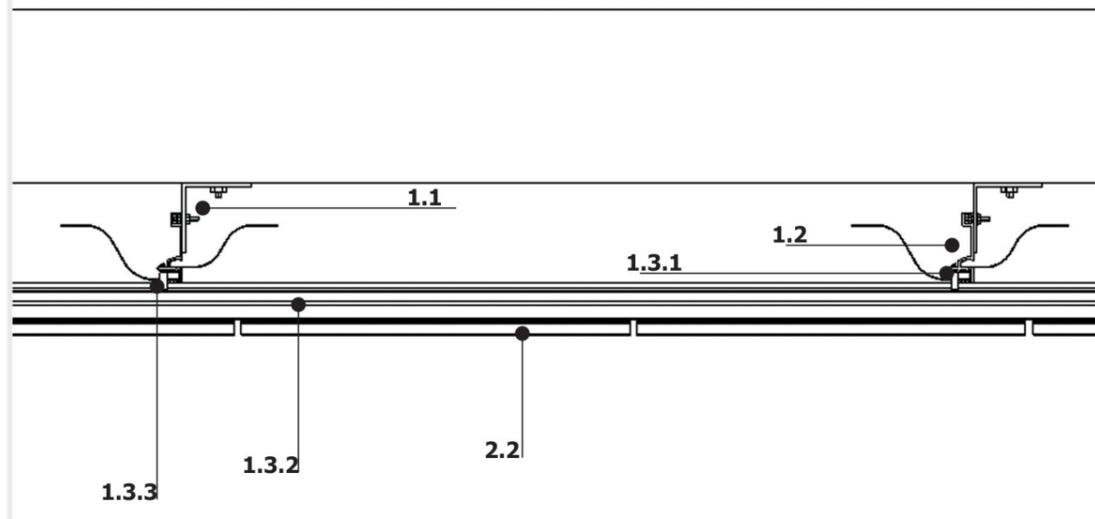
La lastra in cotto ha una camera d' aria e viene trafilata a pezzo singolo con una larghezza che può variare da 400 a 500 mm, per uno spessore di 65 mm. E' più pesante della lastra Terra Tile ma adatta a ricevere disegni di intaglio di vario tipo. Le camere d' aria ne aumentano la resistenza termica. Le tavole presentano sulla superficie a vista alcune scanalature (5 fasce e 4 fughe), che danno l'effetto del rivestimento a listelli di cotto.

## RIVESTIMENTO

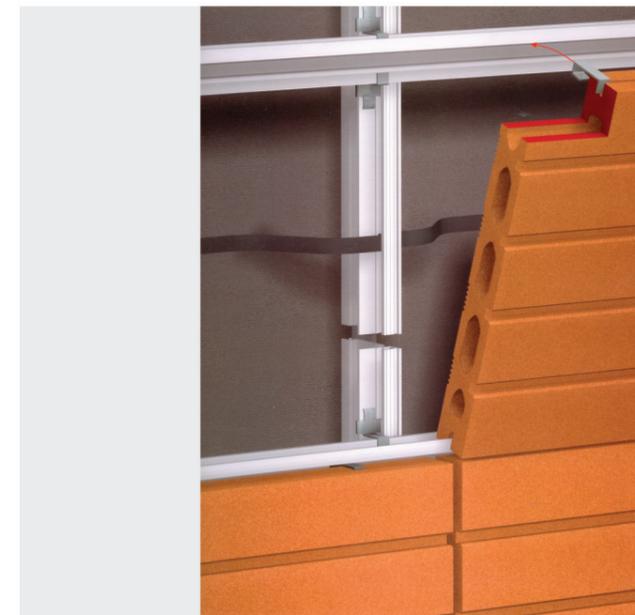


# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

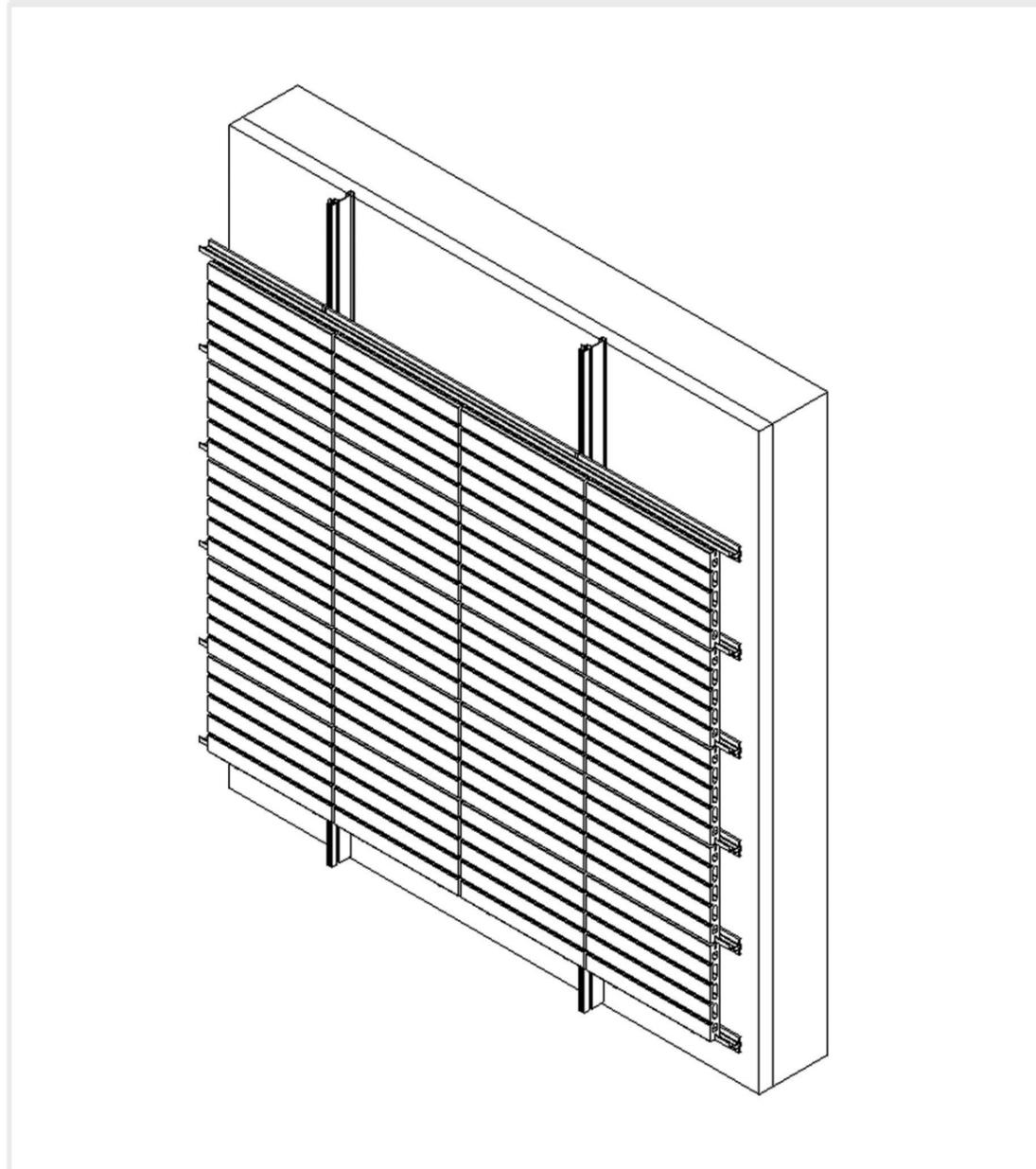
sezione longitudinale



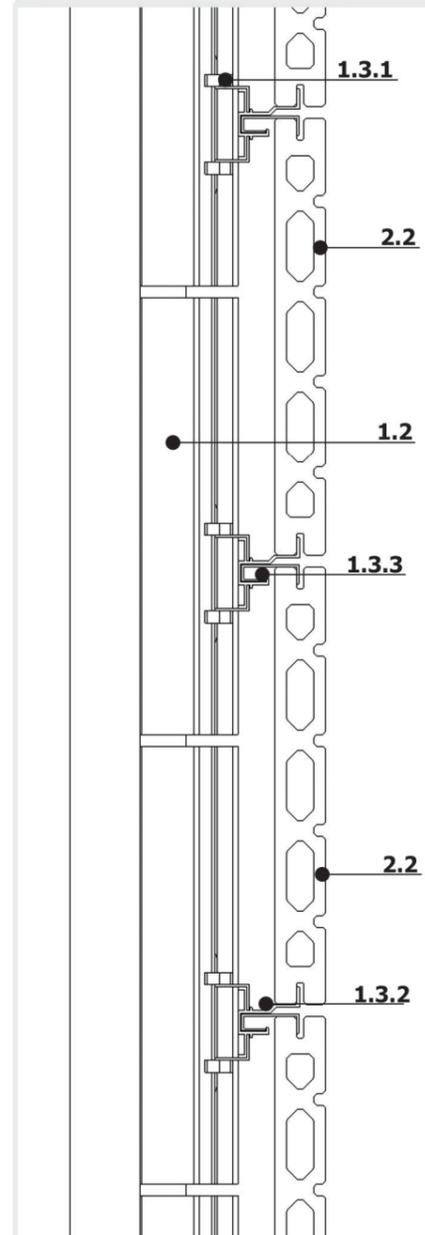
- 1.1 staffa di ancoraggio
- 1.2 montante in acciaio
- 1.3.1. gancio e molla a scatto
- 1.3.2 profilo orizzontale
- 1.3.3 molla a scatto in acciaio
- 2.2 elemento in cotto  
dim. 300 x 500 x 35 mm



vista assonometrica



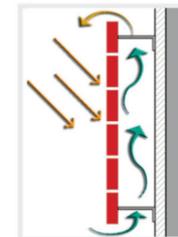
sezione trasversale



caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxhxb	mm	400x300x35
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	54,6 kg/m <sup>2</sup>
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	--
	assorbimento d'acqua	%	?6
giunti	trattamento superficiale		impregnanti siliconici
	tipologia di giunti orizzontali		semplici con kerf
camino d'areazione	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	8
	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	100
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	16
	altezza massima camini	cm	altezza edificio
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione

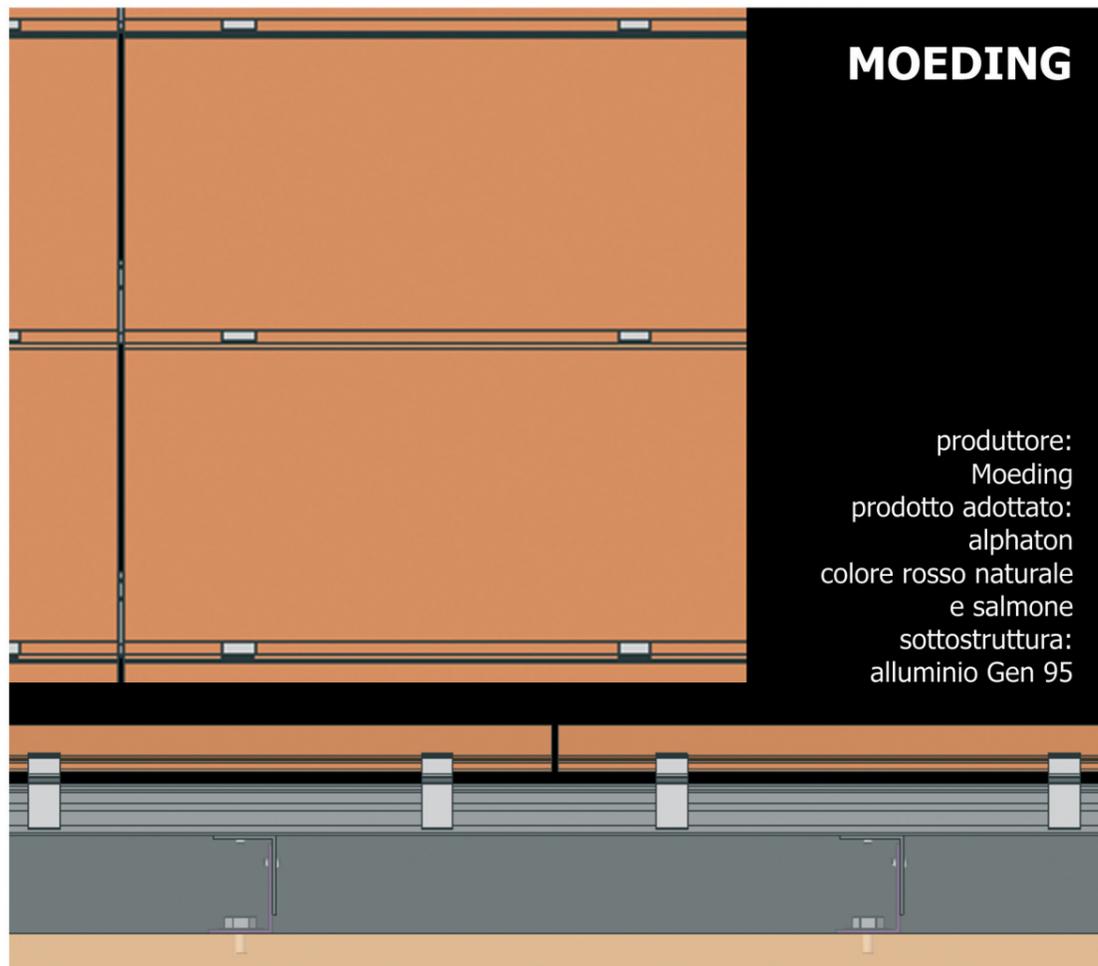
controllo planarità, orizzontalità, verticalità	buono
complessità strutturale del sistema	alta
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro	buona
attitudine al montaggio	media
sostituibilità	buona
manutenibilità	buona
produzione di sfrido in fase di montaggio e manutenzione	media
tempi di montaggio	lunghi



PARETE VENTILATA

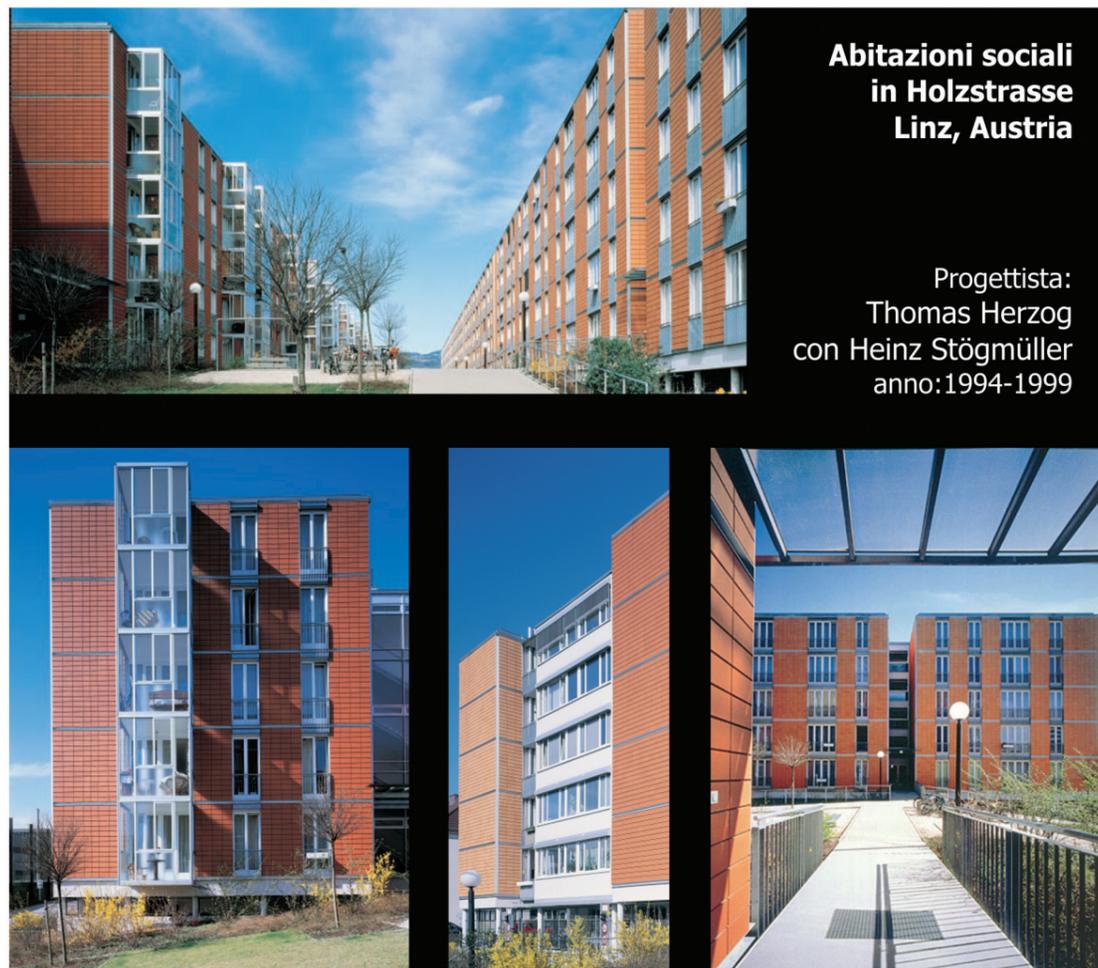
produttore cotto: Il Palagio  
caso studio: Nuovo Museo Archeologico del Foro di Aquileia  
progettista: 5+1 architetti associati, Pierluigi Feltri

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



## MOEDING

produttore:  
Moeding  
prodotto adottato:  
alphaton  
colore rosso naturale  
e salmone  
sottostruttura:  
alluminio Gen 95



## Abitazioni sociali in Holzstrasse Linz, Austria

Progettista:  
Thomas Herzog  
con Heinz Stögmüller  
anno:1994-1999

L'intervento edilizio a Linz realizza 400 alloggi distribuiti in due stecche parallele di lunghezza diversa e orientate secondo l'asse nord-sud. L'edificio si configura come una successione di segmenti, ritmati dai volumi dei corpi scala che collegano i cinque piani destinati agli alloggi e il piano interrato occupato dal parcheggio. Ogni segmento ospita un atrio luminoso centrale dal quale, tramite ballatoi e passerelle, si accede agli alloggi (affacciati sulle medesime corti) concepiti puntando alla massima flessibilità. Un vetrata a moduli apribili e regolabili copre la galleria interna proteggendola dalla pioggia e garantendo una ventilazione naturale. Il controllo dell'isolamento e dello scambio termico comporta un aumento della temperatura all'interno di questo patio coperto; nei mesi freddi ciò consente un notevole risparmio energetico per il riscaldamento degli alloggi adiacenti. Durante l'estate, l'aria calda sale e fuoriesce dalle aperture del tetto mentre aria più fresca viene richiamata dal basso e riesce a raffreddare i "pieni" dell'edificio. I fronti del complesso sono caratterizzati, sul lato est, da logge vetrate che ampliano lo spazio dei soggiorni riscaldati dalla luce diretta del sole nei mesi freddi; sul lato ovest, dove sono collocati gli alloggi più piccoli, l'ampia apertura delle finestre, alte da terra a soffitto, consente una buona ventilazione. Per i lati nord e sud sono stati adottati pareti ventilati realizzate con la tipica struttura in metallo e laterizio.

## SEZIONE LIVELLO TIPO

montante verticale

pannello di  
rivestimento  
in cotto

profilato orizzontale

montante verticale

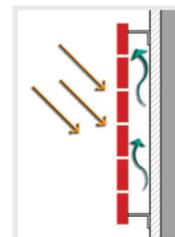
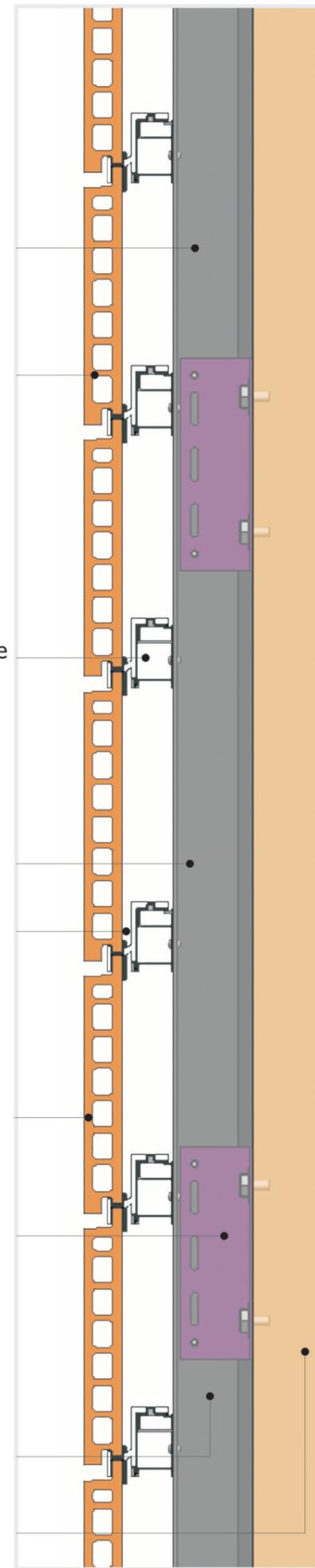
molla in acciaio

pannello di  
rivestimento  
in cotto

staffa in  
acciaio inox

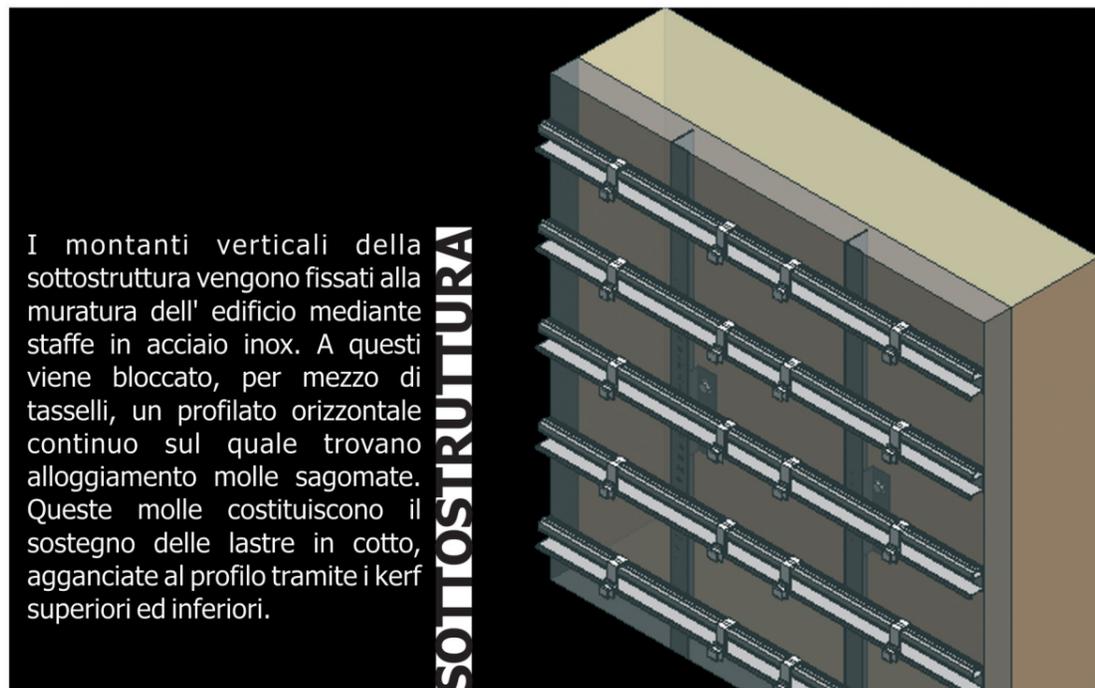
pannello isolante

parete di supporto



## PARETE MICROVENTILATA

produttore cotto: Moeding  
caso studio: Abitazioni sociali in Holzstrasse, Linz, Austria  
progettista: Thomas Herzog con Heinz Stögmüller



## 1.1 ancoraggi



1.1 staffa angolare con fori asolati

## 1.2 orditura principale

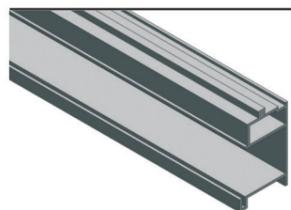


1.2 montante in acciaio sagomato ad L

## 1.3 orditura secondaria



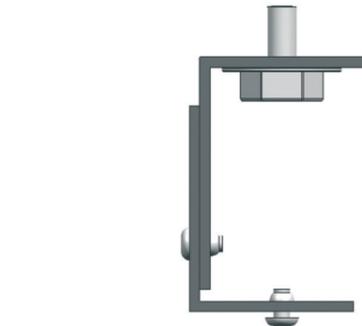
1.3.1 molla in acciaio



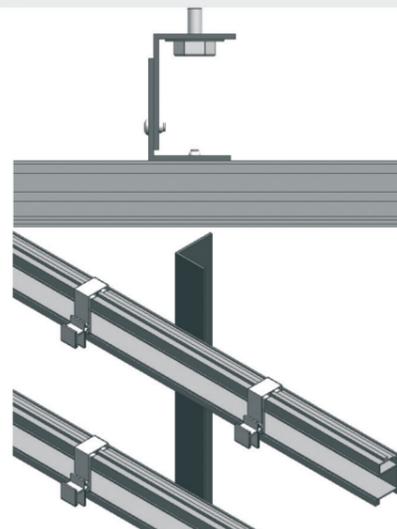
1.3.2 profilato orizzontale



1.3.3 tassello per fissaggio della molla in acciaio



la staffa di ancoraggio fissa i montanti alla struttura muraria retrostante.



Il profilato orizzontale consente l'alloggiamento di molle sagomate: sostegno della lastra sul lato inferiore e bloccaggio della parte superiore.

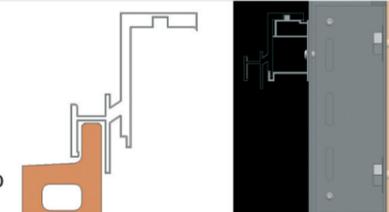
## 2.1 giunti di connessione e sostegno



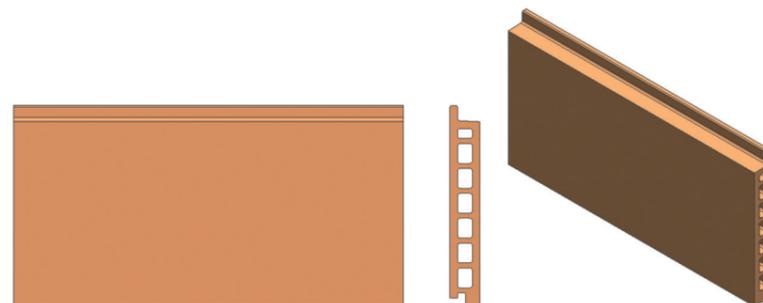
2.1.1 molla in acciaio



2.1.2 tassello per fissaggio



## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 200 x 400 x 30 mm  
superficie liscia

### Caratteristiche generali:

materiale: cotto

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo.

superficie: liscia

tipo di aggancio: seminascosto, la lastra è dotata di Kerf sull'asse centrale dei lati superiore ed inferiore, il quale funge da alloggiamento per la molla di sostegno

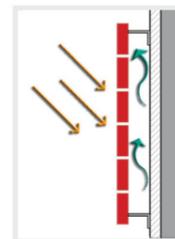
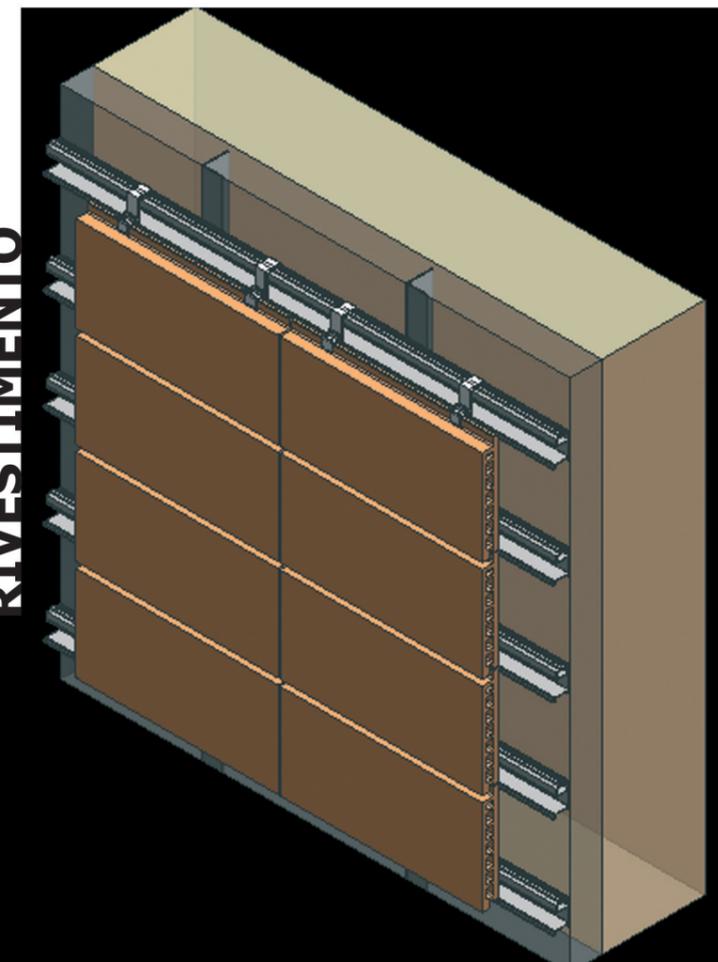
### Caratteristiche dimensionali:

altezza: 200mm larghezza: 400mm spessore max: 30 mm ca

posa in opera: a secco con struttura meccanica dedicata

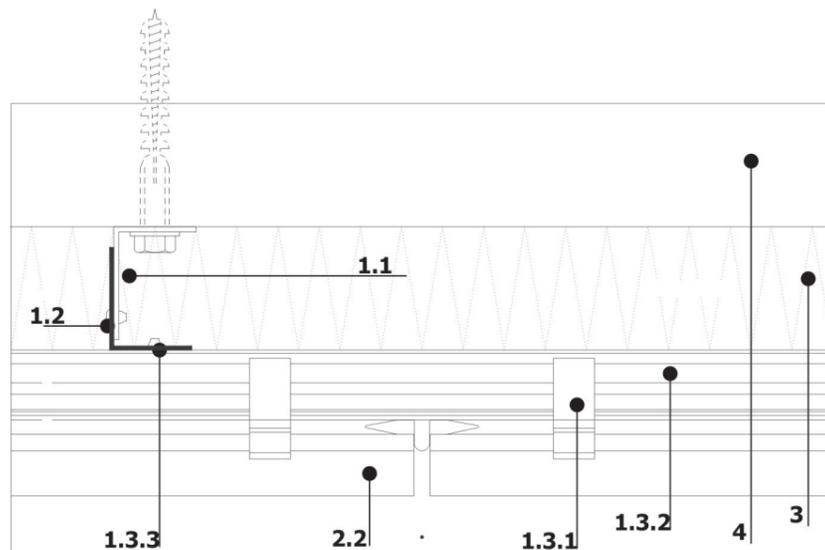
La tavola ha una lastra a camera d'aria che viene trafilata a pezzo singolo con una larghezza di 400 mm, un'altezza di 200 mm, per uno spessore di 30 mm. Le camere d'aria ne aumentano la resistenza termica. La lastra, che presenta una superficie liscia, è prodotta dalla Moeding ed è di tipo "alphaton". E' dotata di Kerf sull'asse centrale dei lati superiore ed inferiore. Questi kerf fungono da alloggiamento per le molle che costituiscono il sostegno delle lastre.

## RIVESTIMENTO

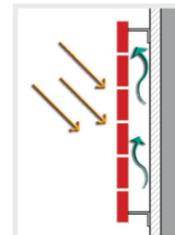
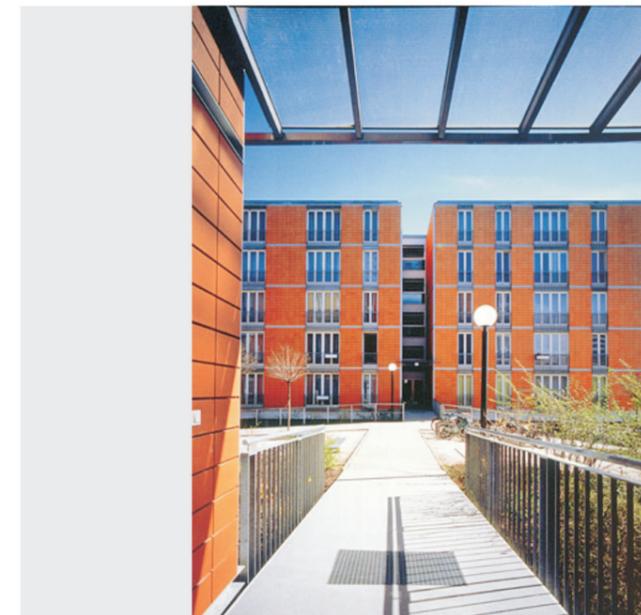


# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

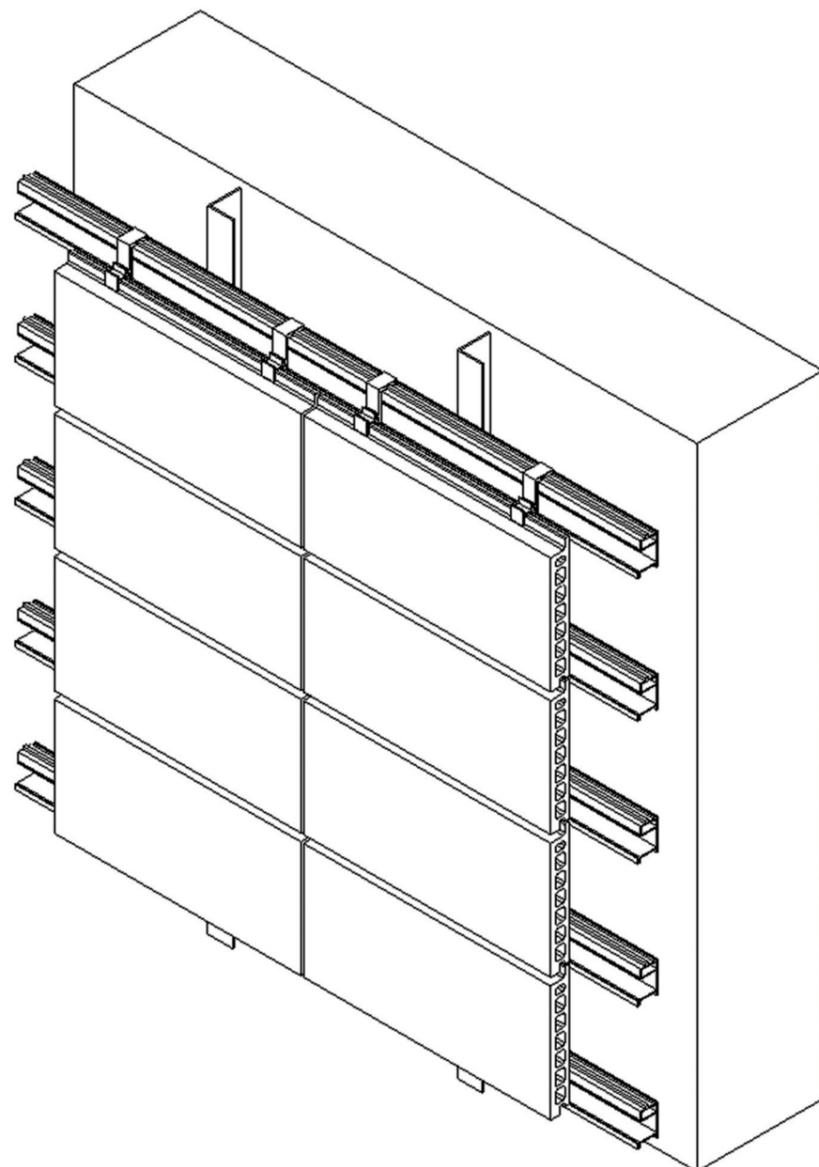
sezione longitudinale



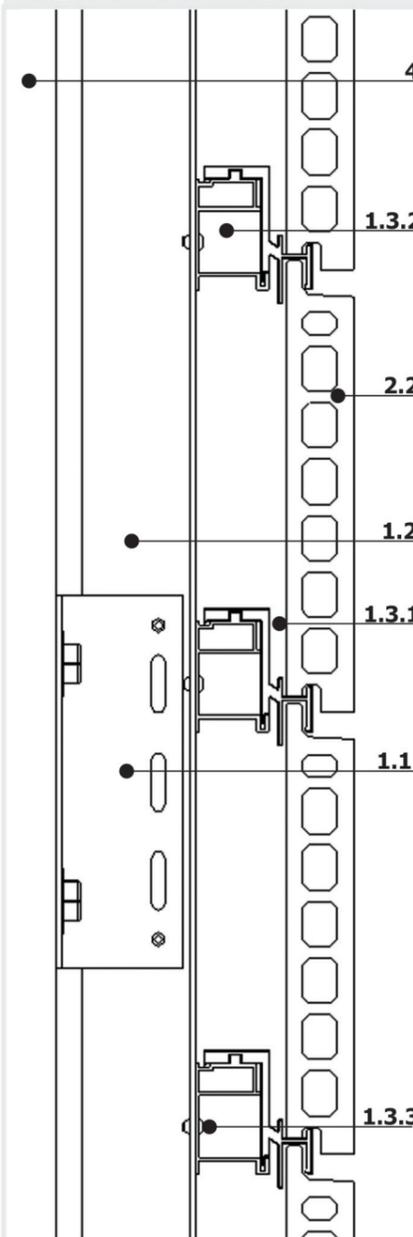
- 1.1 staffa angolare con fori asolati
- 1.2 montante in acciaio
- 1.3.1. molla in acciaio
- 1.3.2 profilato orizzontale
- 1.3.3 tassello per fissaggio
- 2.2 elemento in cotto dim.200x400x30 mm
- 3. strato di isolante
- 4. parete di supporto



vista assometrica



sezione trasversale



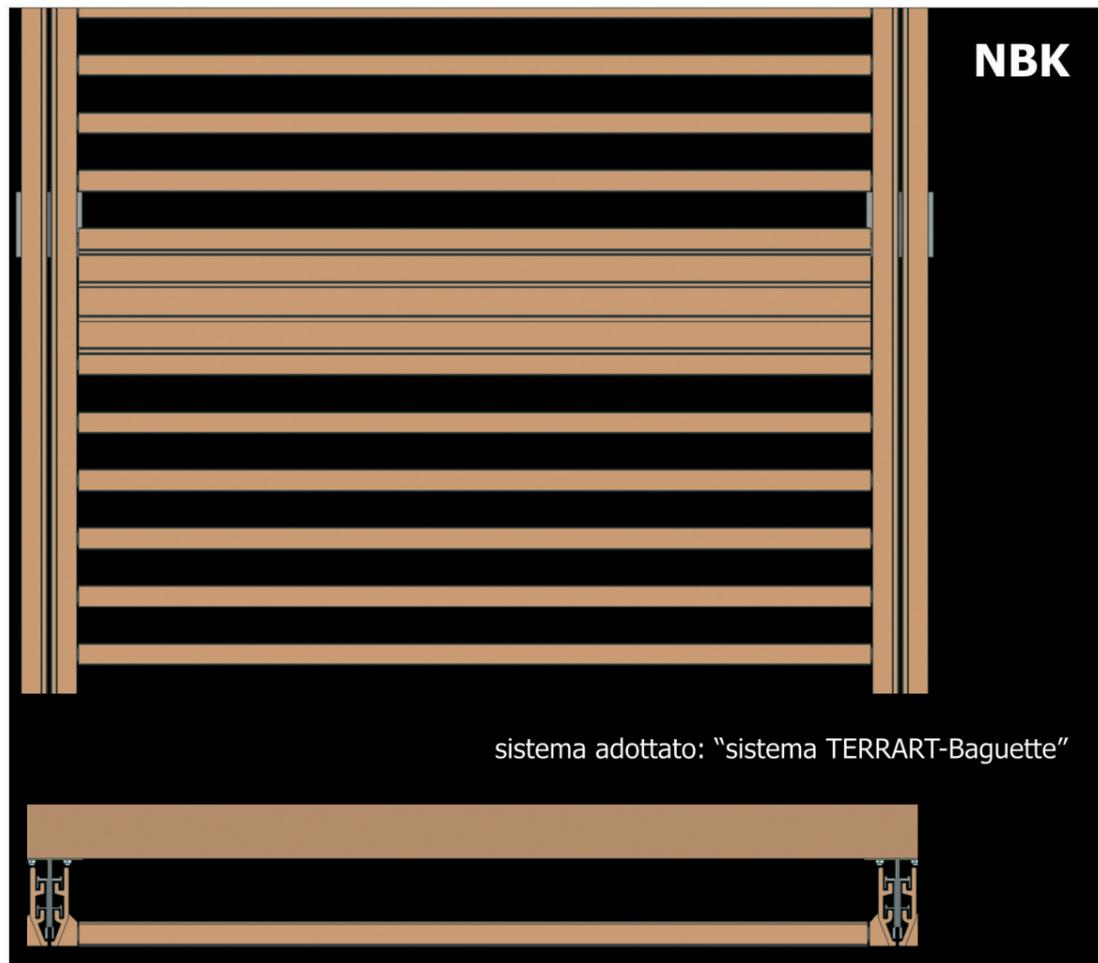
caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxb	mm	400x200x30
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	160x280
giunti	assorbimento d'acqua	%	
	trattamento superficiale		
	tipologia di giunti orizzontali		labirintici
camino d'areazione	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	12
	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	120
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	7-8
	altezza massima camini	cm	280
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione

controllo planarità, orizzontalità, verticalità	medio
complessità strutturale del sistema	alta
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro	buona
attitudine al montaggio	buona
sostituibilità	mediocre
manutenibilità	mediocre
produzione di sfrido in fase di montaggio	media
tempi di montaggio	lunghi

produttore cotto: Moeding  
 caso studio: Abitazioni sociali in Holzstrasse, Linz, Austria  
 progettista: Thomas Herzog con Heinz Stögmüller

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



**Progetto per  
Potsdamer Platz,  
Berlino,  
Edificio C1**

progettisti:  
Renzo Piano e  
Christoph Kohlbecker  
anno: 1998



La ricostruzione della Potsdamer Platz costituisce il primo intervento realizzato a Berlino all'interno di un articolato programma di riqualificazione urbana coordinato dal piano regolatore di Hans Stimmann e promosso interamente dal capitale privato. La manovra immobiliare è stata promossa dalla Daimler-Benz. Tra i quindici progetti invitati è stato scelto quello di Renzo Piano. L'elemento caratterizzante gli edifici di Renzo Piano e Christoph Kohlbecker è costituito da un sistema di tamponamento che, pur consentendo la realizzazione di soluzioni molto diversificate, per trasparenza e trasmissione del calore, conserva una immagine costante. Il sistema progettato da Piano e sviluppato dalle tedesche Götz GmbH (che ha realizzato il pacchetto di tamponamento e la struttura di supporto del rivestimento) e NBK Keramik GmbH & Co. (che ha invece fornito gli elementi in terracotta) è costituito da una facciata ad elementi completamente prefabbricati in officina, compreso il rivestimento, e quindi assemblati in cantiere. Mediante differenti articolazioni degli strati funzionali si sono ottenute soluzioni diversificate: dalla più semplice che prevede il serramento trasparente ed opaco in alluminio o legno-alluminio con rivestimento in terracotta, a quella del doppio involucro, più articolata e complessa dal punto di vista delle prestazioni energetiche, nella quale è presente un secondo involucro vetrato completamente apribile in grado di instaurare diversi regimi termici della facciata a seconda delle stagioni e dell'irraggiamento.

## SEZIONE LIVELLO TIPO

staffa in alluminio

baguette  
in terracotta

bullone di fissaggio

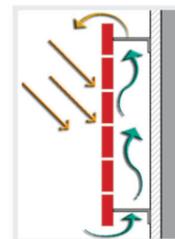
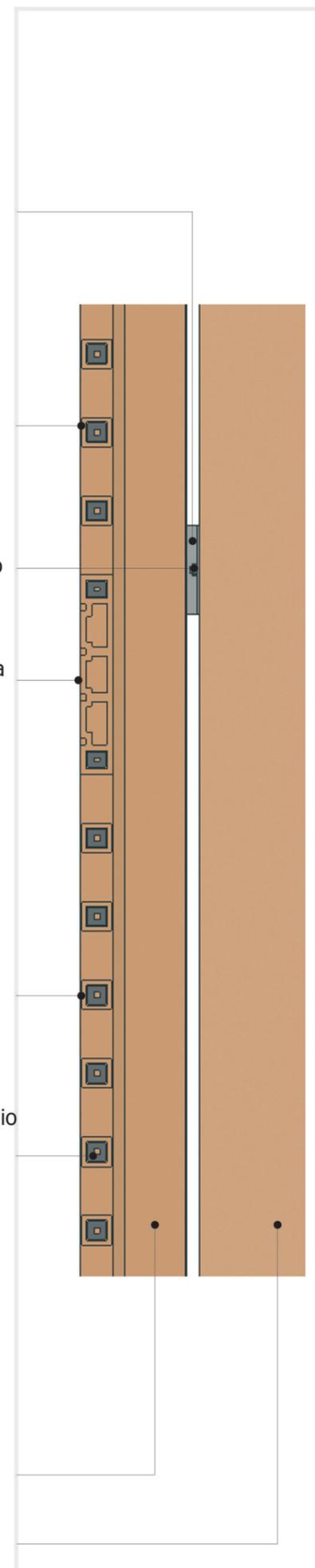
tavella in terracotta

baguette  
in terracotta

elemento di fissaggio  
della baguette

elemento  
tridimensionale  
in terracotta

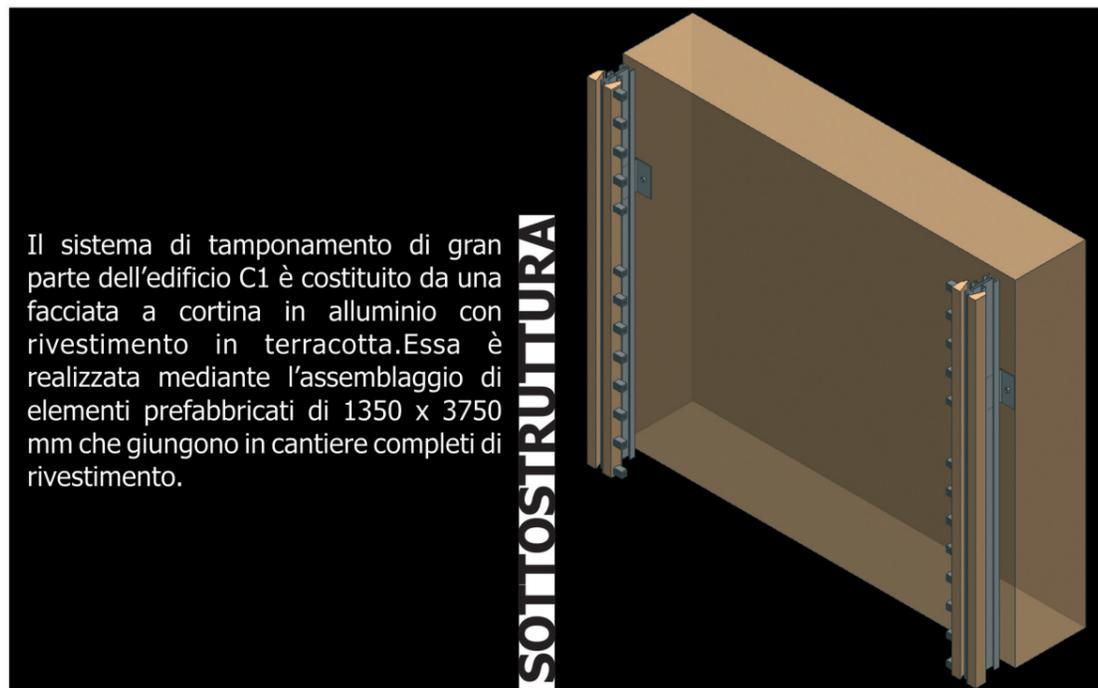
parete posteriore



**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: NBK Keramik GmbH & Co  
caso studio: Progetto per Potsdamer Platz (Edificio C1), Berlino  
progettisti: Renzo Piano e Christoph Kohlbecker

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



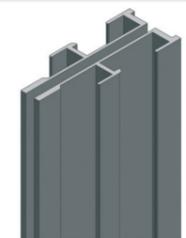
Il sistema di tamponamento di gran parte dell'edificio C1 è costituito da una facciata a cortina in alluminio con rivestimento in terracotta. Essa è realizzata mediante l'assemblaggio di elementi prefabbricati di 1350 x 3750 mm che giungono in cantiere completi di rivestimento.

## 1.1 ancoraggi



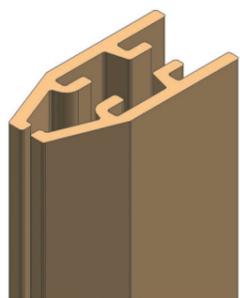
1.1 staffa in alluminio

## 1.2 orditura principale



1.2 montanti in alluminio

## 1.3 orditura secondaria

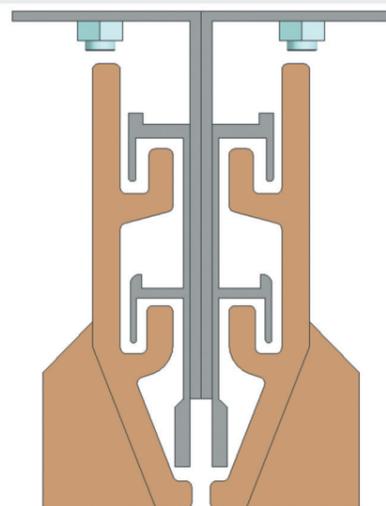


1.3.1 elemento tridimensionale in terracotta



1.3.2 elemento di fissaggio della baguette

Le staffe ancorano alla parete retrostante i montanti in alluminio

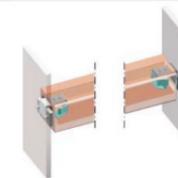


Ai montanti sono fissati gli elementi tridimensionali in terracotta con raccordo per il fissaggio delle "baguette"

## 2.1 giunti di connessione e sostegno



2.1 giunto di connessione della baguette



## 2.2 lastra piana rettangolare



TERRART - baguette  
dim. 40 x 1450 x 40 mm



TERRART - tavella  
dim. 270 x 1450 x 40 mm

Caratteristiche generali:

materiale: cotto formatura: elemento forato sui lati tipo di aggancio: nascosto, l'elemento si aggancia al montante mediante giunto di connessione dedicato

Caratteristiche dimensionali:

Terrart-baguette: altezza: 40 mm larghezza: da 150 a 1450 mm spessore max: 40 mm

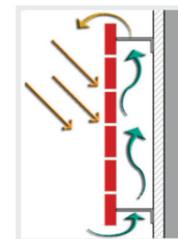
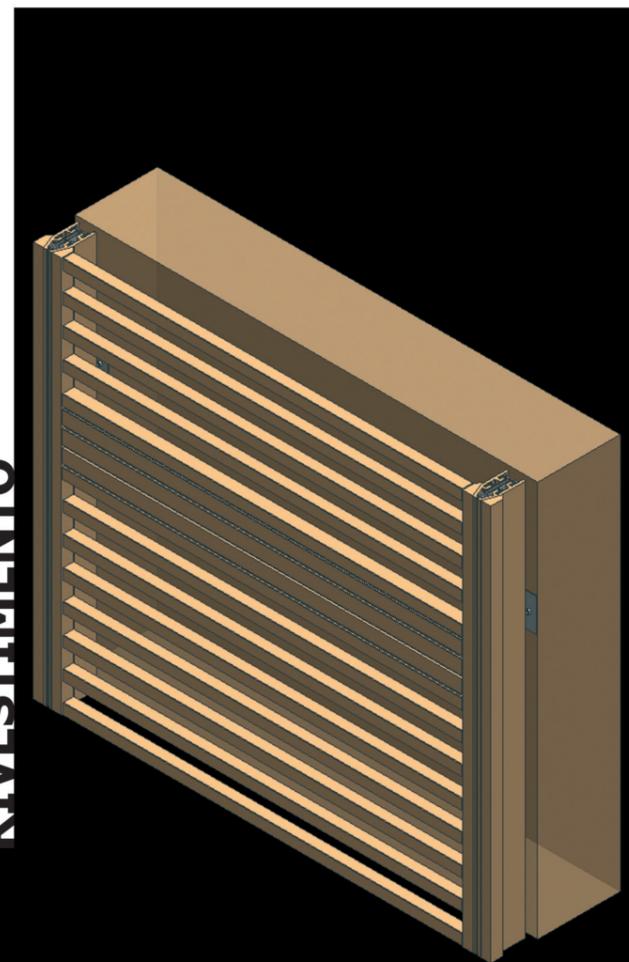
posa in opera: a secco

Terrart-large: altezza: da 150 a 500 mm larghezza: da 200 a 1450 mm

spessore max: 40 mm posa in opera: a secco

Il rivestimento, fissato meccanicamente alla sottostruttura, è costituito da elementi che scandiscono verticalmente la facciata e da esili elementi tubolari orizzontali, le cosiddette "baguettes", la cui disposizione determina diversi livelli di trasparenza del rivestimento. Gli elementi in terracotta sono stati oggetto di una ricerca condotta a diversi livelli. Il materiale di base è costituito da una miscela di argille, additivata con componenti refrattari di diversa granulometria; per quanto riguarda il processo di cottura (effettuato a 1100°C dopo un periodo tra le 80 e le 100 ore di essiccazione a 130 °C), una accurata selezione delle temperature e dei tempi di essiccazione ha consentito di raggiungere elevati livelli di resistenza meccanica (oltre i 25 N/mm<sup>2</sup> a trazione).

## RIVESTIMENTO

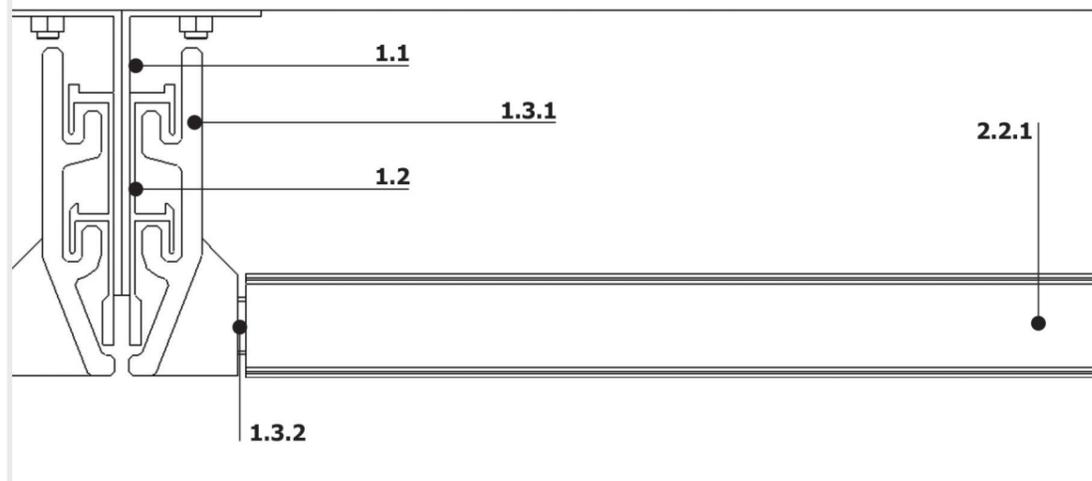


PARETE VENTILATA

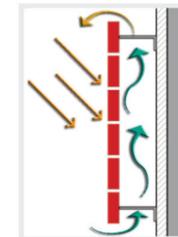
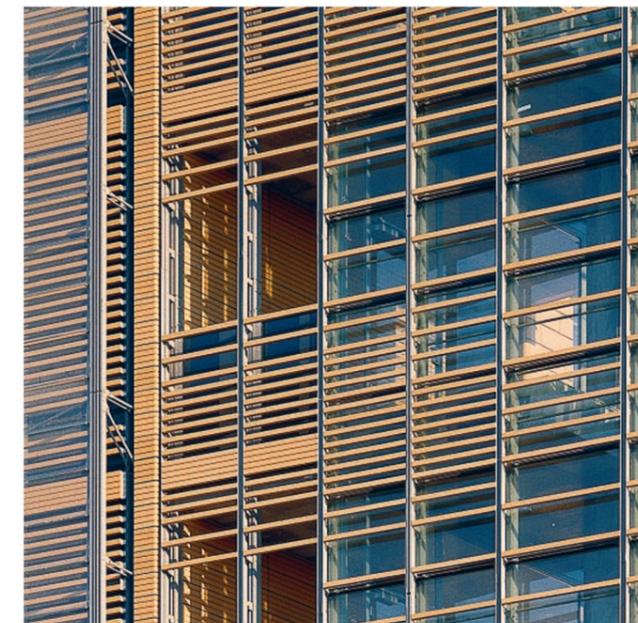
produttore cotto: NBK  
caso studio: Progetto per Potsdamer Platz (Edificio C1), Berlino  
progettisti: Renzo Piano e Christoph Kohlbecker

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

sezione longitudinale

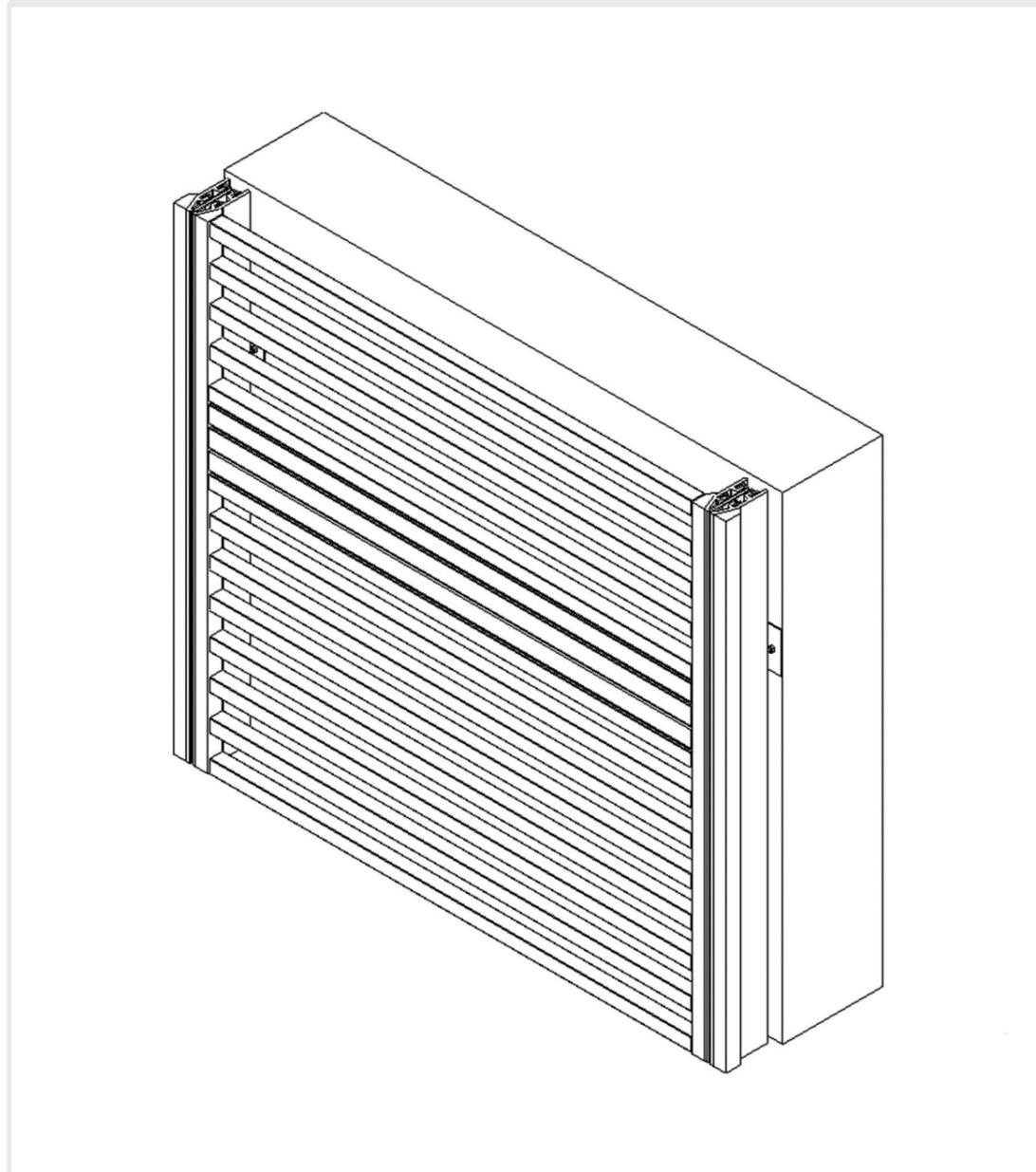


- 1.1 staffa in alluminio
- 1.2 montanti in alluminio
- 1.3.1. elemento tridimensionale in terracotta
- 1.3.2 elemento di fissaggio della baguette
- 2.2.1 TERRART - baguette dim.40x1450x40mm
- 2.2.2 TERRART - tavella dim.270x1450x40mm

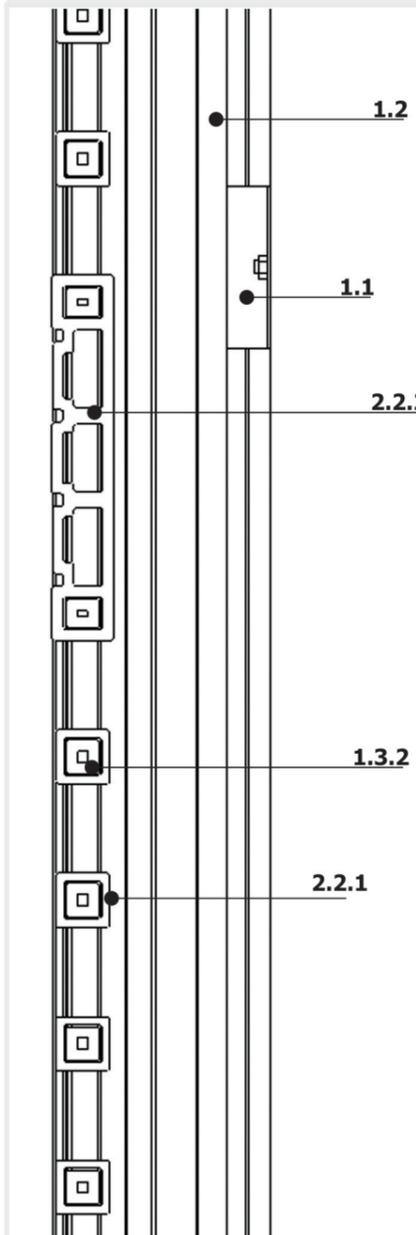


PARETE VENTILATA

vista assometrica



sezione trasversale

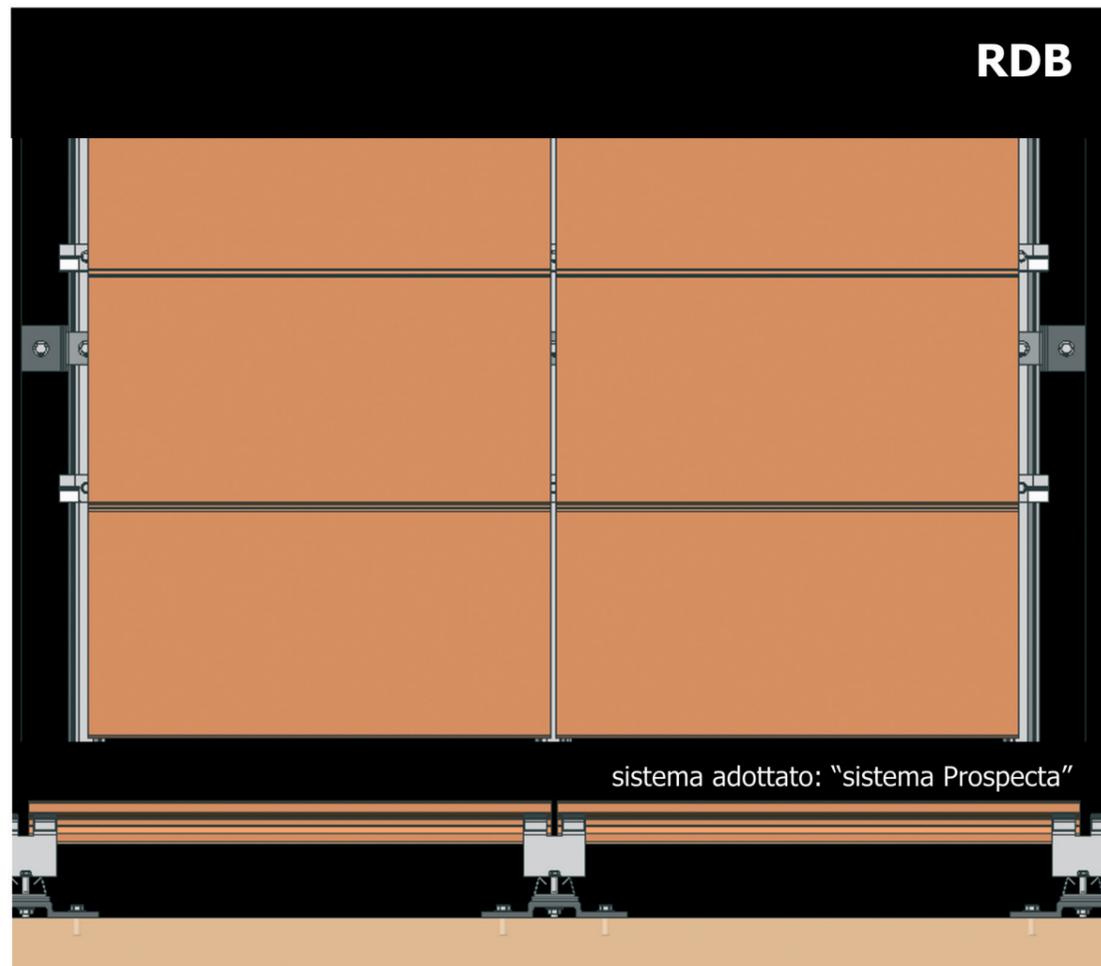


caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxb	mm	300x800x30
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	55 kg/m <sup>2</sup>
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	135x375
	assorbimento d'acqua	%	fino al 5,7
	trattamento superficiale		
giunti	tipologia di giunti orizzontali		
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	
camino d'areazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	
	altezza massima camini	cm	
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione		
controllo planarità, orizzontalità, verticalità		ottimo
complessità strutturale del sistema		bassa
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		buona
attitudine al montaggio		ottima
sostituibilità		mediocre
manutenibilità		mediocre
produzione di sfrido in fase di montaggio		bassa
tempi di montaggio		brevi

produttore cotto: NBK  
 caso studio: Progetto per Potsdamer Platz (Edificio C1), Berlino  
 progettisti: Renzo Piano e Christoph Kohlbecker

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



**Edificio commerciale e residenziale a Zogno (Bergamo)**

progettista:  
Romano Ruggeri



Il progetto di edifici a destinazione residenziale e commerciale realizzato a Zogno può essere identificato come una somma di volumi rivestiti in terracotta e connessi fra loro da un'unica copertura. Il sistema di rivestimento assume ruolo e carattere differente in funzione del blocco da rivestire e delle attività ospitate. Ciò definisce prospetti continui e senza interruzione della superficie in laterizio in corrispondenza di locali tecnici e di ambienti non destinati ad abitazione, un paramento più frammentato o sostituito da pareti vetrate in corrispondenza di residenze o ambienti "comuni". Nel progetto la facciata ventilata in cotto prodotta dalla RDB, montata "a secco" su una struttura metallica fissata alla struttura ed alle pareti esterne dell'edificio, realizza un'intercapedine in comunicazione diretta con l'ambiente esterno, sia alla base che alla sommità della costruzione. Il paramento esterno è costituito da tavole a doppia parete in cotto. Nel periodo estivo la parete consente una riduzione del carico termico dovuto all'irraggiamento solare, grazie agli effetti della parziale riflessione superficiale del rivestimento. Nel periodo invernale i benefici termici del sistema sono invece riconducibili, grazie alla presenza dello strato di coibente all'esterno delle pareti primarie, ai vantaggi caratteristici dei sistemi "a cappotto", coincidenti nell'eliminazione dei ponti termici ed in un incremento dell'inerzia termica dell'involucro murario. La presenza d'aria nell'intercapedine favorisce la rapida eliminazione dell'umidità di condensa.

## SEZIONE LIVELLO TIPO

montante verticale

pannello di rivestimento in cotto dim. 245x495x40 mm

staffa in acciaio inox

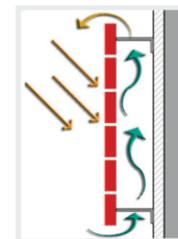
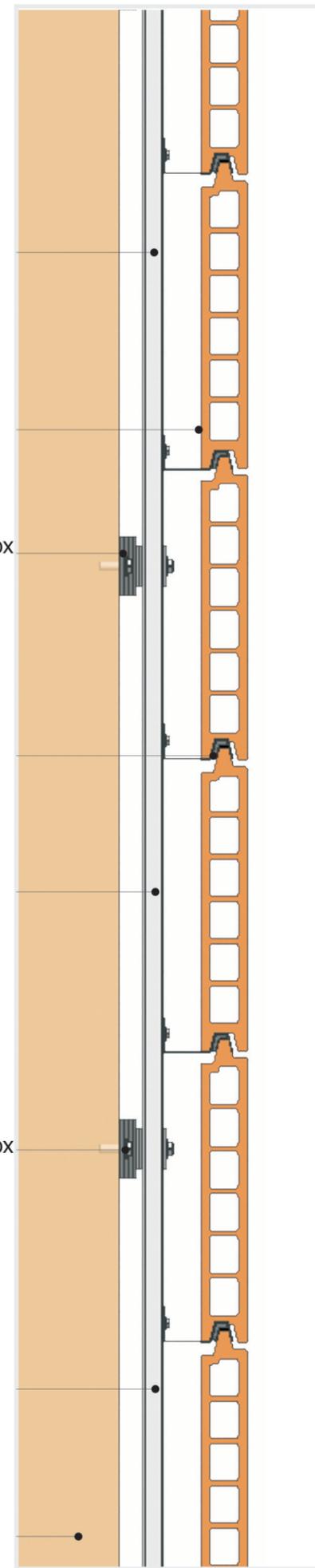
staffa sagomata in acciaio inox con distanziatori in neoprene

montante verticale ad omega in acciaio inox

staffa in acciaio inox

montante verticale ad omega in acciaio inox

parete posteriore

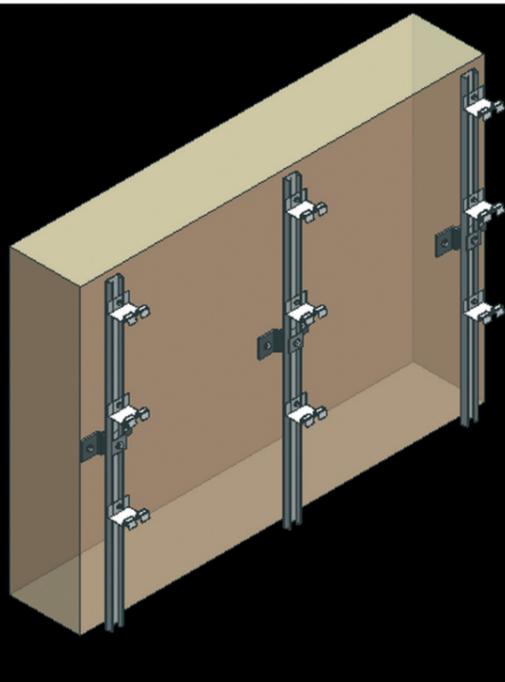


**PARETE VENTILATA**

produttore cotto: RDB  
caso studio: Edificio commerciale e residenziale a Zogno (Bergamo)  
progettista: Romano Ruggeri

Profili verticali ad omega in acciaio inox sono disposti ad un interasse di 50 cm e ancorati con tasselli alla parete portante. Su questi profili sono fissate le staffe in acciaio inox di sospensione e di ritenuta delle singole tavelle. I profili verticali ad omega possono essere di tipo standard, come nel caso del progetto in esame (giunti verticali di tipo "aperto") oppure essere dotati di alette laterali con guarnizioni continue in gomma. Lo spessore dell'intercapedine è variabile secondo progetto da cm 6 a 20 (max), ottenuta dall'inserimento di idonei supporti metallici.

## SOTTOSTRUTTURA

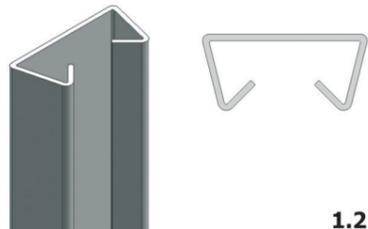


### 1.1 ancoraggi



1.1 staffa in acciaio

### 1.2 orditura principale

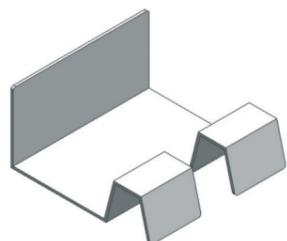


1.2 profilo verticale ad omega in acciaio inox

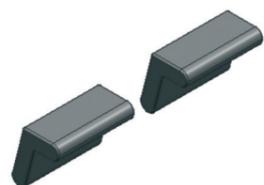


la staffa di ancoraggio fissa i profili verticali ad omega in acciaio inox alla struttura muraria retrostante

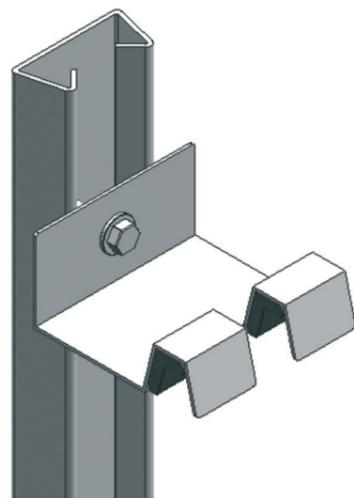
### 1.3 orditura secondaria



1.3.1 staffa sagomata in acciaio inox

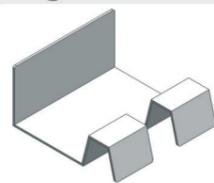


1.3.2 distanziatori in neoprene

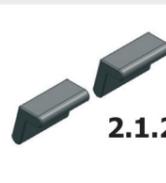


sui profili ad omega sono fissate le staffe (sagomate in acciaio inox) di sospensione e di ritenuta delle singole tavelle

## 2.1 giunti di connessione e sostegno

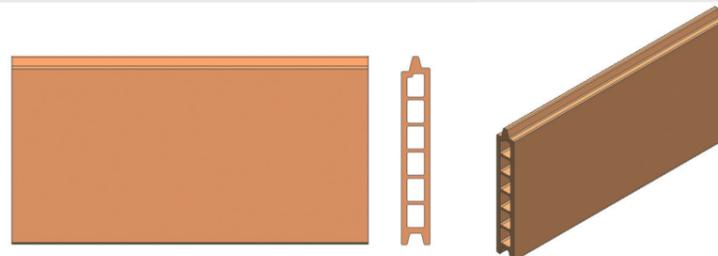


2.1.1 staffa sagomata in acciaio inox



2.1.2 distanziatori in neoprene

## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 245 x 495 x 40 mm  
superficie liscia

### Caratteristiche generali:

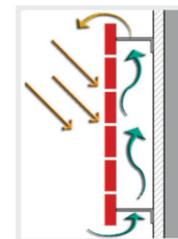
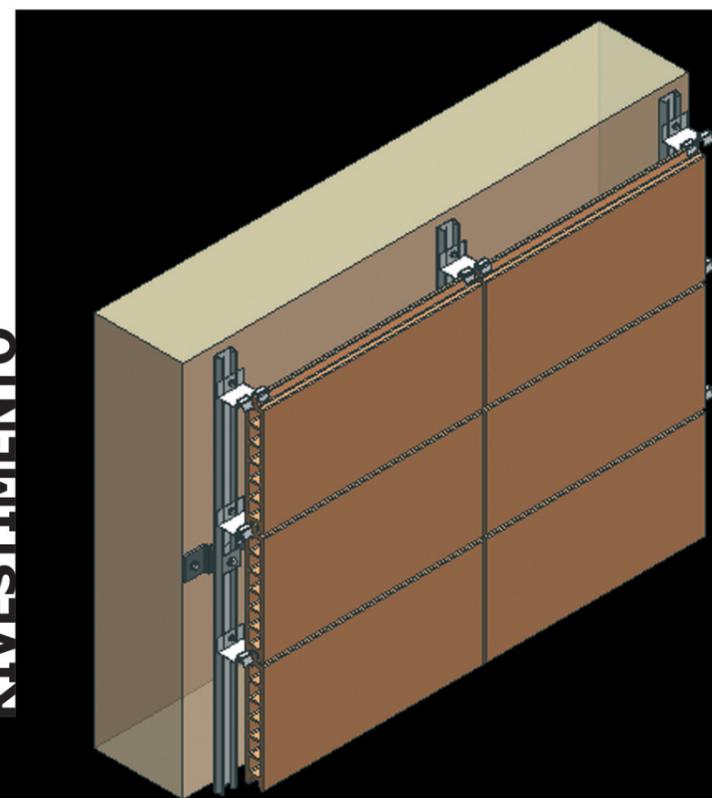
materiale: cotto trattato con idrorepellente a base siliconica (attraverso procedimento di immersione) formatura: tavella trafilata, sagomata a maschio e femmina lungo i bordi orizzontali (lati di dimensione maggiore) e rettificata in corrispondenza dei bordi verticali, con spessore minimo delle pareti esterne di 8 mm superficie: finitura esterna "sabbata fine", di colore rosso. La superficie della lastra presenta una superficie liscia (tipo tx 250) tipo di aggancio: seminascolato, la lastra è dotata di incastro maschio-femmina lungo i bordi orizzontali

### Caratteristiche dimensionali:

altezza: 245mm larghezza: fino a max 495mm spessore max: 40 mm dimensione giunti verticali ed orizzontali: 0.5 cm N. pezzi per mq: 8 peso della parete: 0.44 KN/mq per il solo laterizio, da 0.10 a 0.30 KN/mq per la sottostruttura metallica posa in opera: a secco con struttura meccanica dedicata

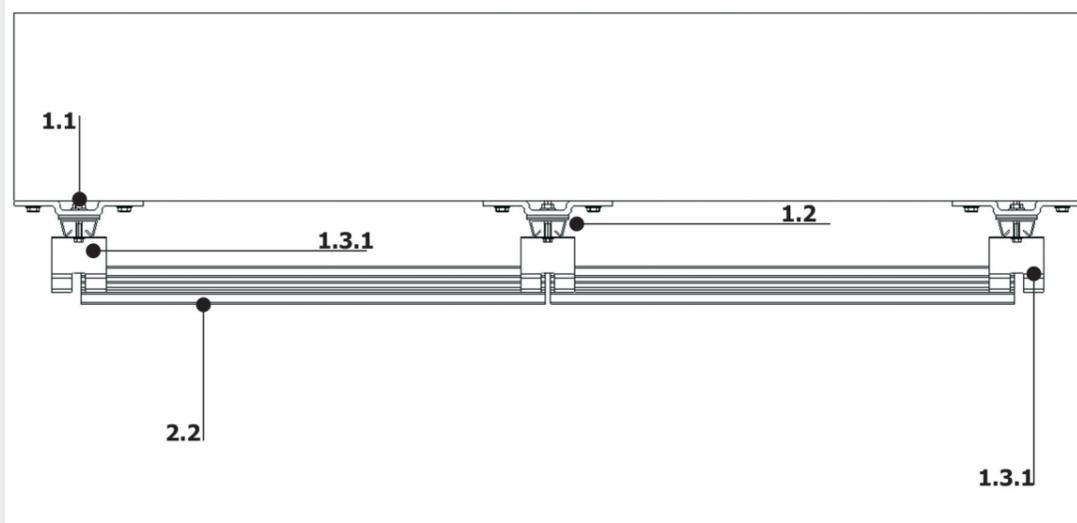
La modularità del rivestimento e della sottostruttura è di cm 50x25. Le singole tavelle vengono fissate ai profili verticali tramite staffe inox sagomate. Alla base dell'intercapedine è prevista una rete antintrusione (contro l'eventuale penetrazione di insetti, topi ecc.) ed una guarnizione antincendio autoespandente. Indipendentemente dalla presenza o meno dello strato coibente nell'intercapedine, è buona norma che la faccia esterna della retroparete di tamponamento (parete primaria) venga rifinita con una strollatura ad intonaco.

## RIVESTIMENTO

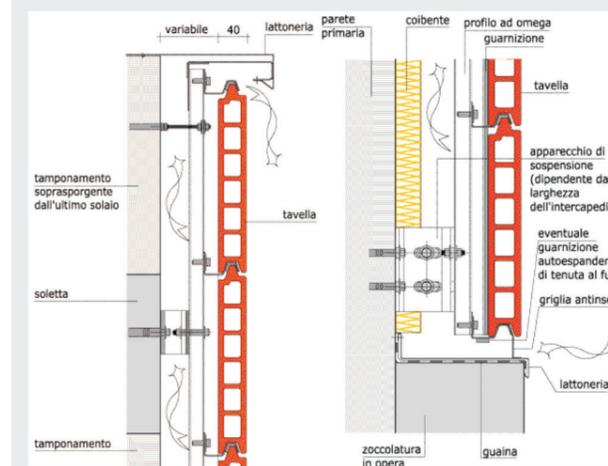


# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

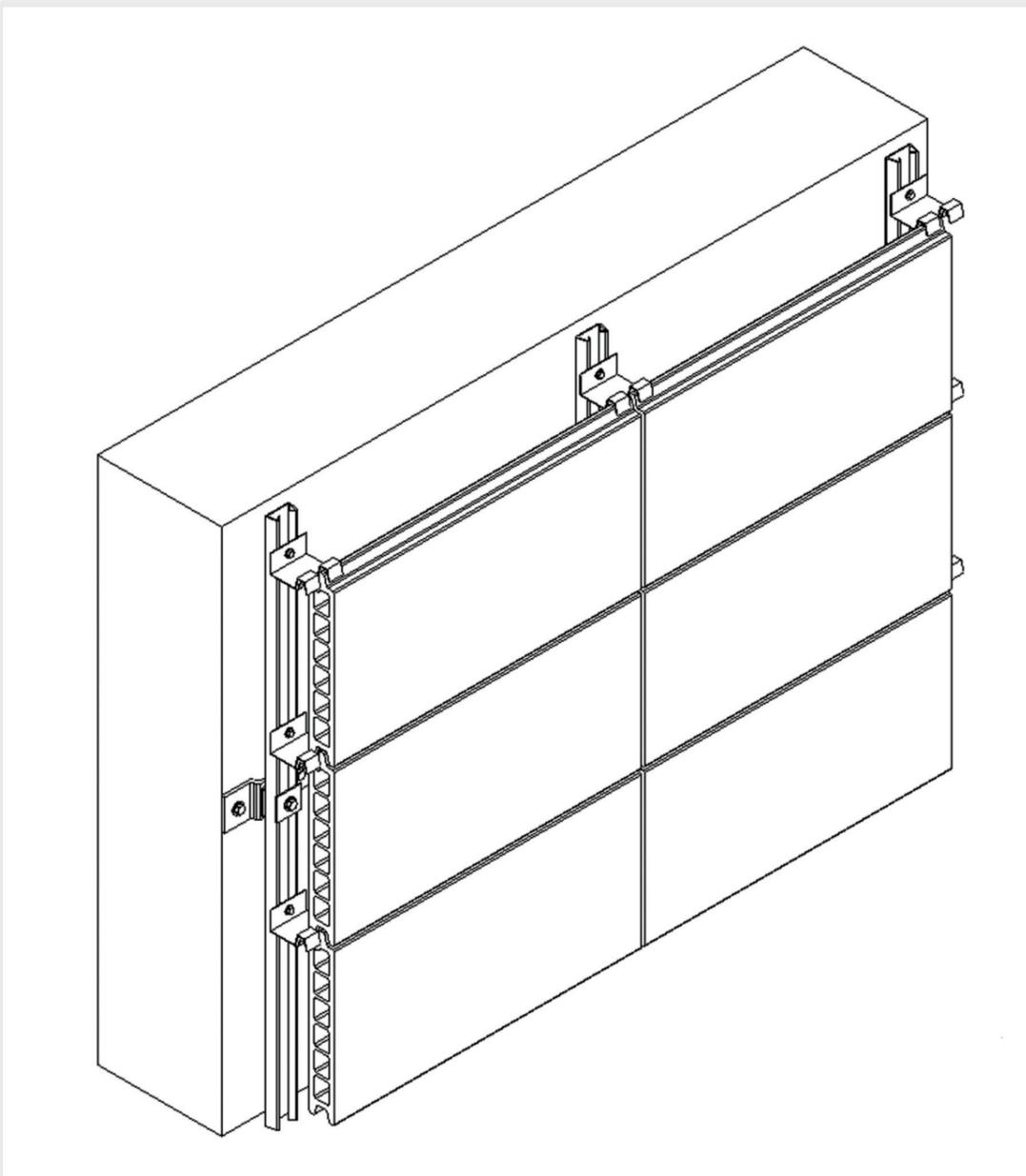
sezione longitudinale



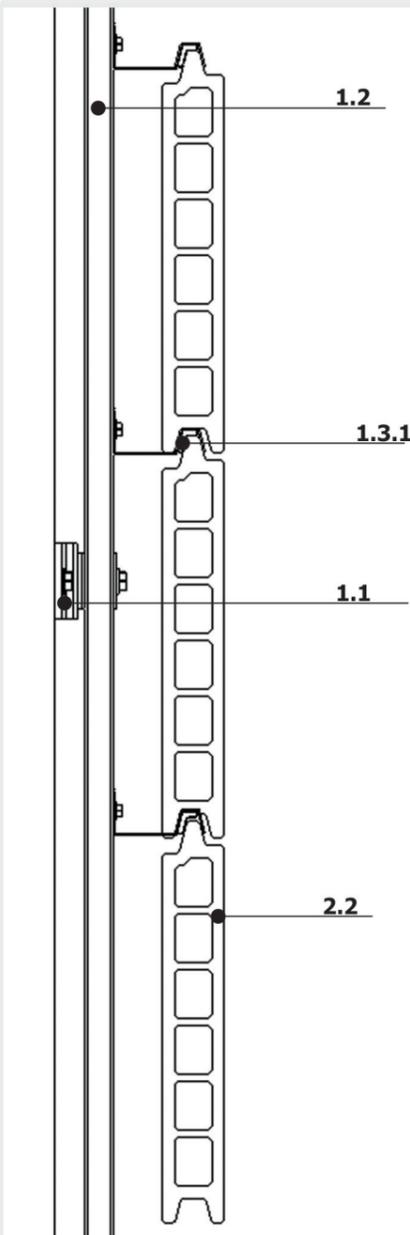
- 1.1 staffa in acciaio
- 1.2 profilo verticale ad omega in acciaio inox
- 1.3.1. staffa sagomata in acciaio inox con distanziatori in neoprene
- 2.2 elemento in cotto dim.245x495x40mm



vista assometrica

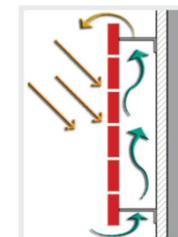


sezione trasversale



caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxb	mm	495x245x40
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	44 N/mq
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	--
assorbimento d'acqua	%	trascurabile a seguito del trattamento idrorepellente	
	treatmento superficiale	impregnante idrorepellente a base di microemulsione silossanica	
giunti	tipologia di giunti orizzontali	labirintici	
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	5
camino d'areazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	50
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	20
	altezza massima camini	cm	--
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		si
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

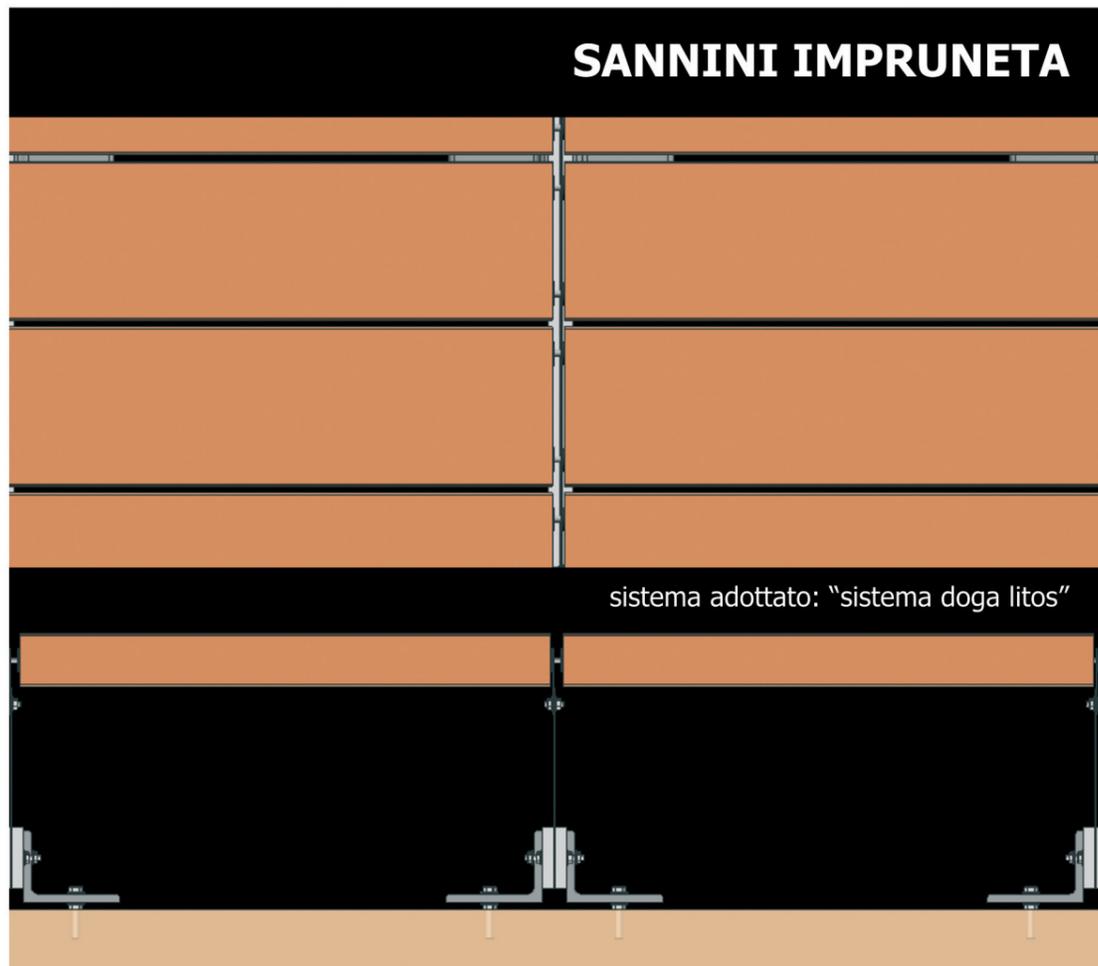
caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione		
controllo planarità, orizzontalità, verticalità		buono
complessità strutturale del sistema		media
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		buona
attitudine al montaggio		buona
sostituibilità		mediocre
manutenibilità		mediocre
produzione di sfrido in fase di montaggio		alta
tempi di montaggio		lunghi



PARETE VENTILATA

produttore cotto: RDB  
 caso studio: Edificio commerciale e residenziale a Zogno (Bergamo)  
 progettista: Romano Ruggeri

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



**Complesso produttivo della Racotek Bellante, Teramo**

Progettista:  
Giovanni Vaccarini  
Esa Studio  
anno:1999-2000



Il sito è posto a lato di una grossa arteria di comunicazione su un lotto in declivio ai margini tra campagna ed aree produttive di nuova espansione. Il progetto tenta di definire, quindi, una strategia di insediamento che medi con un territorio principalmente segnato dai tracciati agricoli. L'edificio recepisce le premesse insediative e tenta di tradurle in "figure" che dialoghino anche con l'unica emergenza ambientale: la strada di scorrimento. L'idea in pianta della costruzione per fasce (per strati), si ritrova anche in alzato, in cui fasce di calcestruzzo colorate e rigate si intervallano a parti in cemento faccia a vista e parti con frangisole metallici. Gli interni sono costruiti per assemblaggio di materiali industriali (policarbonato, lamiera, ferro zincato). Lo schema planimetrico dell'edificio è a blocco; il volume est dell'edificio è rivestito con un involucro e una parete ventilata in cotto montato a secco. Sull'involucro il più tradizionale dei materiali, è sottoposto ad una vera e propria operazione di manipolazione in cui lo stesso pezzo, montato in posizioni e con passi diversi, forma una "pelle" di facciata che può apparire parzialmente chiusa (come nelle pareti continue) o parzialmente aperta a costituire un sistema frangisole. Un sistema complesso che disegna tutto il prospetto est e sud-est con una trama di mattoni disgiunti da fughe di circa due centimetri; un sistema che garantisce un'ottimizzazione della resa termica delle pareti est e sia fortemente esposta al soleggiamento estivo.

SEZIONE  
LIVELLO TIPO

montante in acciaio

doppio piatto  
montante in acciaio

piatto in acciaio

staffe ad "L"  
in acciaio

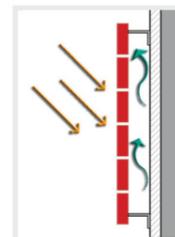
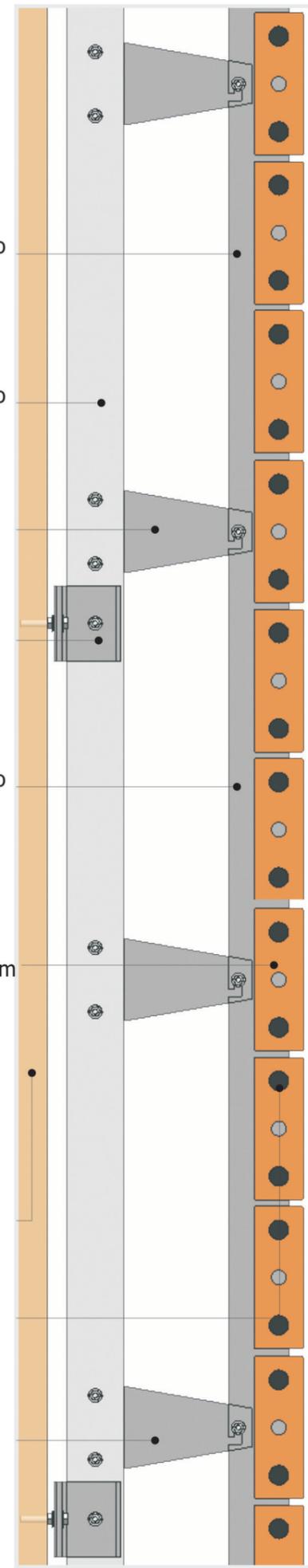
montante in acciaio

elemento in cotto  
dim.145x500x50mm

parete posteriore

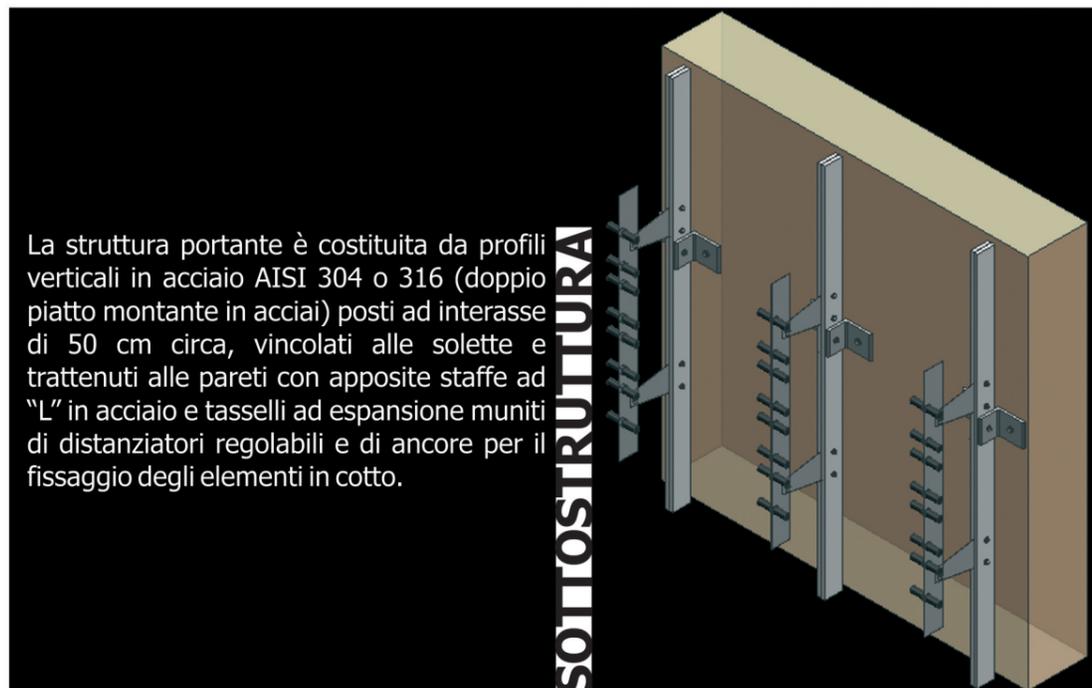
tasselli ad  
espansione

piatto in acciaio



**PARETE MICROVENTILATA**

produttore cotto: Sannini Impruneta  
caso studio: Complesso produttivo della Racotek, Bellante, Teramo  
progettista: Giovanni Vaccarini



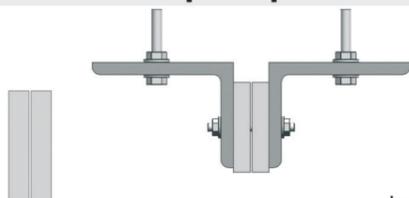
La struttura portante è costituita da profili verticali in acciaio AISI 304 o 316 (doppio piatto montante in acciai) posti ad interasse di 50 cm circa, vincolati alle solette e trattenuti alle pareti con apposite staffe ad "L" in acciaio e tasselli ad espansione muniti di distanziatori regolabili e di ancore per il fissaggio degli elementi in cotto.

## 1.1 ancoraggi



1.1 staffe ad "L" in acciaio

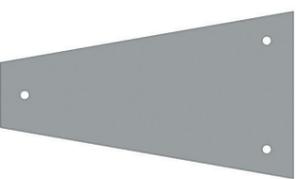
## 1.2 orditura principale



1.2 doppio piatto montante in acciaio

la staffa di ancoraggio fissa i montanti alla struttura muraria retrostante.

## 1.3 orditura secondaria



1.3.1 piatto in acciaio



1.3.2 montante in acciaio

apposite staffe collegano, al doppio piatto montante in acciaio, i profili verticali a cui si agganciano tasselli ad espansione per il fissaggio degli elementi in cotto

## 2.1 giunti di connessione e sostegno



2.1. tasselli ad espansione muniti di distanziatori regolabili



## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 145 x 500 x 50 mm  
superficie liscia

### Caratteristiche generali:

materiale: cotto pregiato imprunetino, ingelivo, rettificato e trattato "water resistant"

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo

superficie: finitura superficiale "Litos"

larghezza giunti verticali ed orizzontali: 6 mm circa

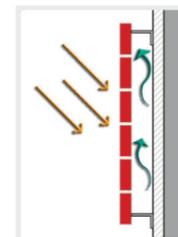
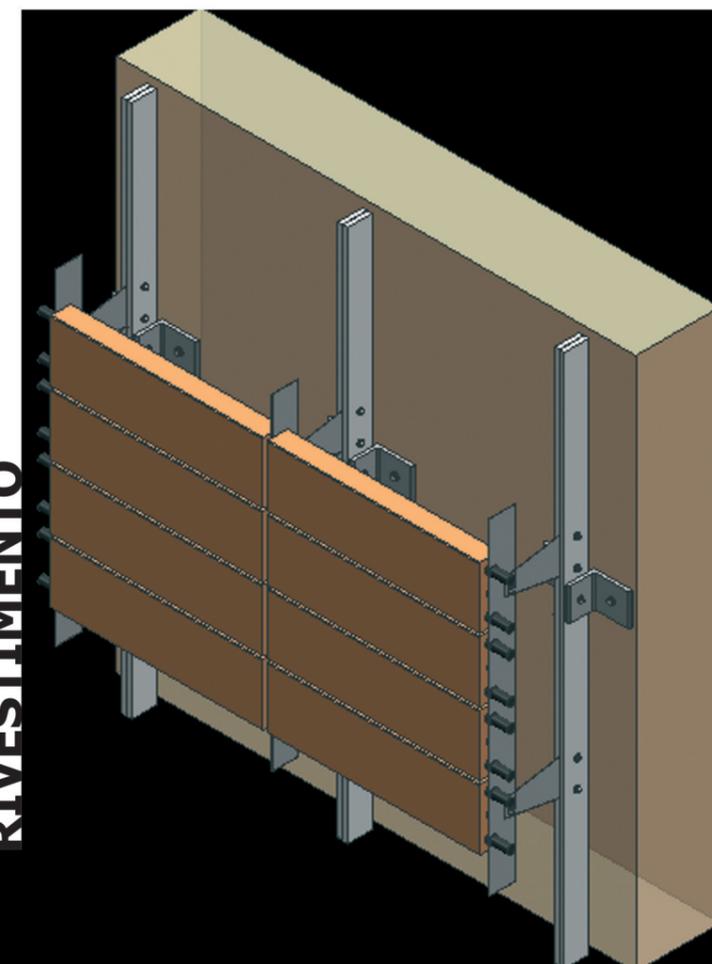
Tipo di aggancio: nascosto, la lastra è dotata di fori sui lati corti nei quali si allocano dei tasselli ad espansione muniti di distanziatori regolabili fissati ai montanti verticali

Caratteristiche dimensionali:

altezza: 145mm larghezza: 500mm spessore: 50 mm

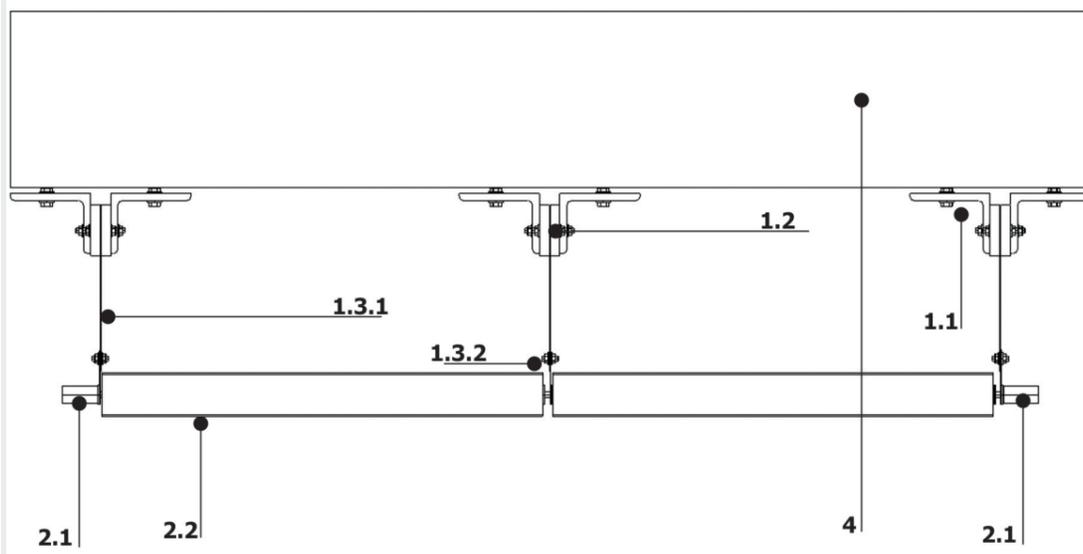
Il rivestimento è costituito da elementi in cotto tipo "Doga Litos" realizzati con terra imprunetina, delle dimensioni (lxhxs) di 50 cm x 14,5cm x 5cm (aventi finitura superficiale "Litos"); posati con giunti verticali ed orizzontali di 6 mm circa. Il paramento può essere posato per il superamento di eventuali fuoripiombo ed imperfezioni degli esistenti intonaci e strutture in c.a., creando un vuoto tra il retro delle lastre e la muratura di supporto di circa 3,5 cm. Per eventuali rimozioni delle efflorescenze, il paramento esterno in cotto Sannini è lavabile con detergente acido decalcificante e trattato per la protezione con impregnante a base di microemulsione silossanica.

## RIVESTIMENTO

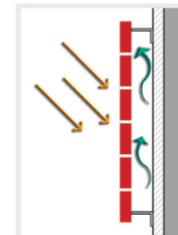


# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

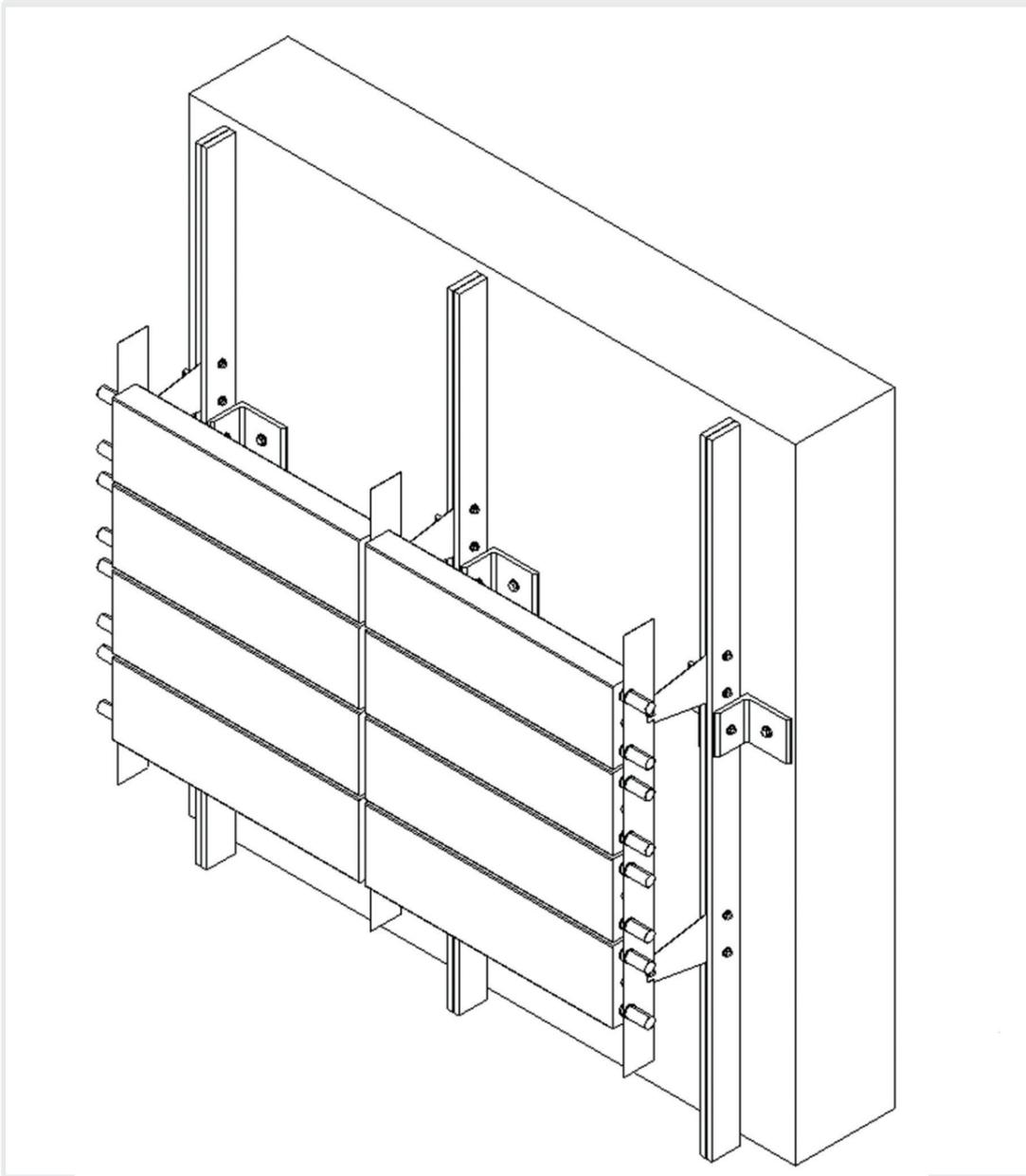
sezione longitudinale



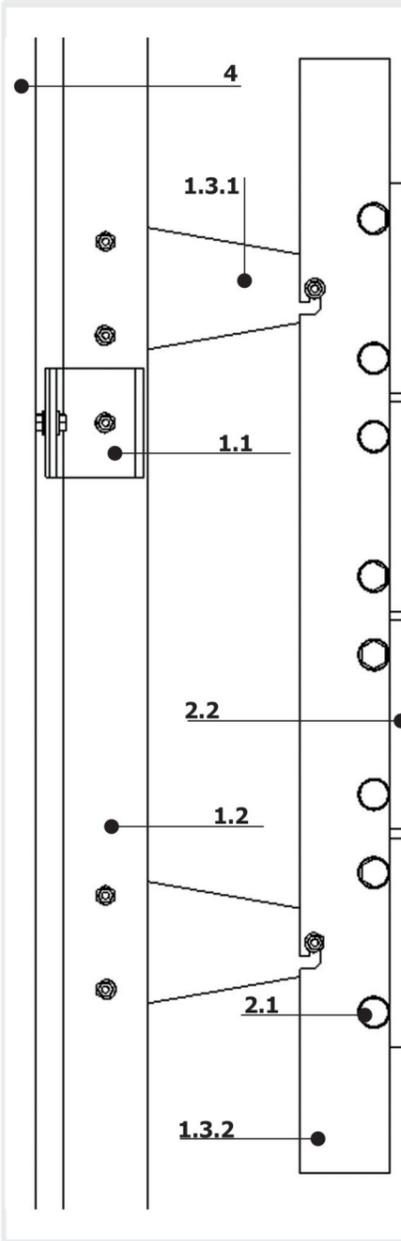
- 1.1 staffe ad "L" in acciaio
- 1.2 doppio piatto montante in acciaio
- 1.3.1. piatto in acciaio
- 1.3.2 montante in acciaio
- 2.1 tasselli ad espansione muniti di distanziatori regolabili
- 2.2 elemento in cotto dim. 145x500x50mm
- 4. parete di supporto



vista assometrica



sezione trasversale



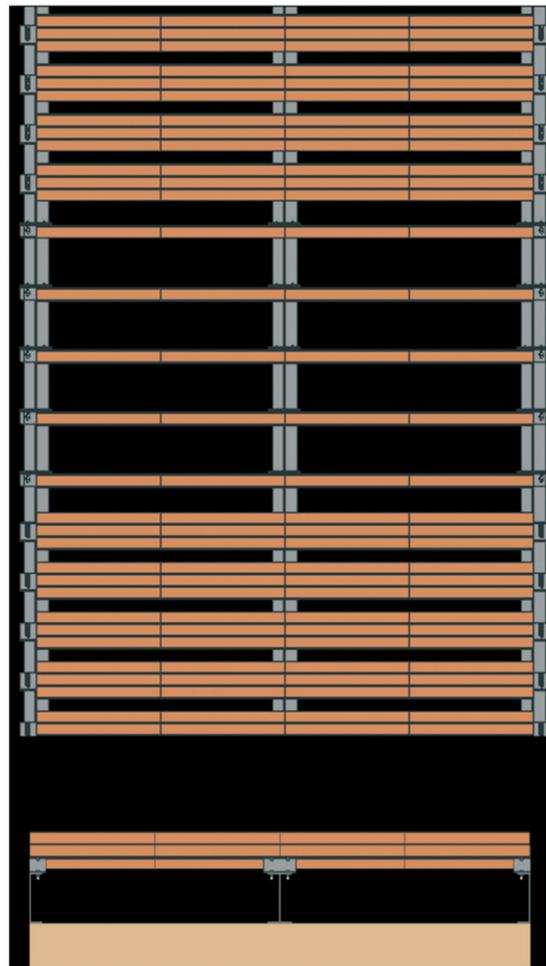
caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxb	mm	500x145x50
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	886 N/ml
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	50x45
trattamento superficiale	assorbimento d'acqua	%	7
			impregnante idrorepellente a base di microemulsione silossanica
giunti	tipologia di giunti orizzontali		semplici
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	6
camino d'areazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	50
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	3,5
	altezza massima camini	cm	altezza edificio
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione		
controllo planarità, orizzontalità, verticalità		buono
complessità strutturale del sistema		media
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		buona
attitudine al montaggio		media
sostituibilità		mediocre
manutenibilità		mediocre
produzione di sfido in fase di montaggio		alta
tempi di montaggio		medi

PARETE MICROVENTILATA

produttore cotto: Sannini Impruneta  
 caso studio: Complesso produttivo della Racotek, Bellante, Teramo  
 progettista: Giovanni Vaccarini

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



## SANNINI IMPRUNETA

impresa generale:  
Sannini Impruneta s.p.a.  
strutture prefabbricate:  
DO. C. PA. s.r.l.  
progetto tecnico:  
Ing. Ennio Grassi,  
G.S. Engineering s.l.r.  
posa in opera  
delle pareti ventilate:  
Euro Edil Group s.r.l.  
committente:  
B.P. Studio, Compagnia  
della Lana e del Cotone  
superficie rivestita  
con elementi in cotto:  
2200 mq



### Showroom B.P. Studio, Osmannoro (Firenze)

Progettista:  
Claudio Nardi  
anno: 1997-2001



Nella fabbrica di tessuti BP Studio nei pressi di Firenze, l'autore, Claudio Nardi, non si limita alla sola ridefinizione funzionale degli spazi destinati all'attività manifatturiera, ma elabora un raffinato dispositivo che attribuisce un singolare valore rappresentativo alle qualità distintive della ditta. Nel rispondere alle necessità funzionali del committente il progetto individua nello stabilimento un veicolo di comunicazione dell'attività di cui illustra i processi produttivi. Situata al bordo dell'Autostrada, nella nuova fabbrica il progettista compone una sintesi materica tutta giocata sulle variazioni della trama orizzontale dell'involucro. Il sistema adottato consiste nel montaggio di elementi longilinei in cotto su una sottostruttura metallica, opportunamente distanziata dalle superfici esistenti. Il progetto dispone gli elementi come una sorta di schermo unico, un diaframma avvolgente in cui si delineano i differenti gradi di intensità delle rigature dei profili lamellari dei moduli in cotto. La sovrapposizione diventa una procedura compositiva assoluta dalla modulazione degli elementi, le cui variazioni rivelano le trasparenti geometrie sottese, ove le decise bucatore marcate dall'acciaio corten e schermate dalle estrusioni metalliche delle tettoie si contrappongono alla linearità delle finestre a nastro, che tracciano tenui segnali di una estesa spazialità interna.

### SEZIONE LIVELLO TIPO

barra orizzontale  
tipo B

barra orizzontale  
tipo A

listello in cotto  
di forma trilobata  
inscritta in un  
rettangolo  
di 50x150 mm

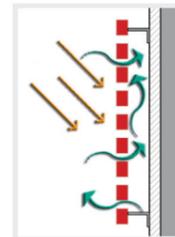
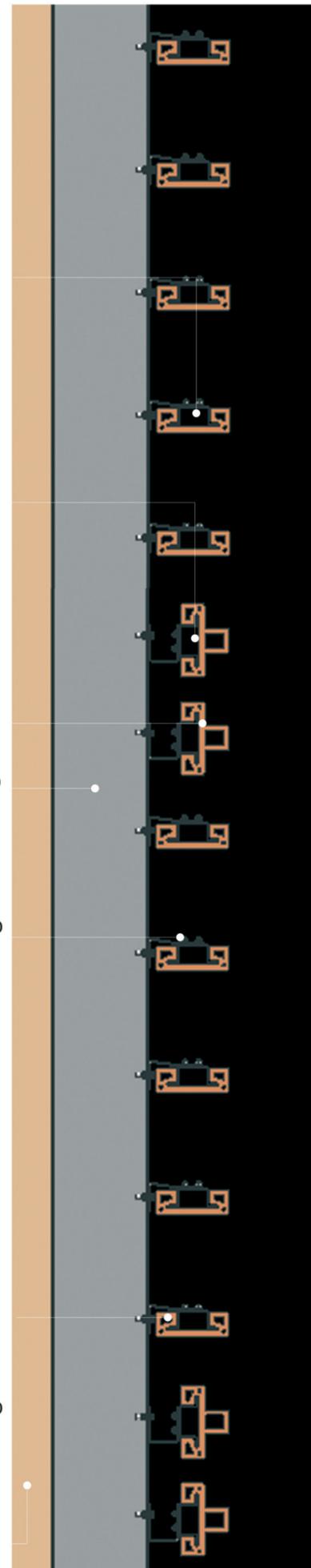
montante in acciaio

staffa di ancoraggio  
tipo B

listello in cotto  
di forma trilobata  
inscritta in un  
rettangolo  
di 100x150 mm

staffa di ancoraggio  
tipo A

parete di supporto



### PARETE SCHERMATA

produttore cotto: Sannini Impruneta  
caso studio: Showroom B.P. Studio, Osmannoro (Firenze)  
progettista: Claudio Nardi



Nella facciata ventilata, realizzata con elemento tipo "a listelli", la struttura portante è costituita da profili verticali in acciaio vincolati alle pareti con appositi bulloni di fissaggio. A questi sono agganciate barre orizzontali sagomate tramite apposite staffe bullonate. Le barre orizzontali sono sagomate in maniera differente a seconda se il listello è frangisole (in corrispondenza delle aperture) o meno. I listelli in cotto sono infilati in queste barre.

**SOTTOSTRUTTURA**

## 1.1 ancoraggi



1.1 bullone di fissaggio

## 1.2 orditura principale



1.2 montante in acciaio

## 1.3 orditura secondaria



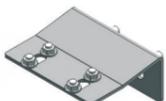
1.3.1 barra orizzontale tipo A



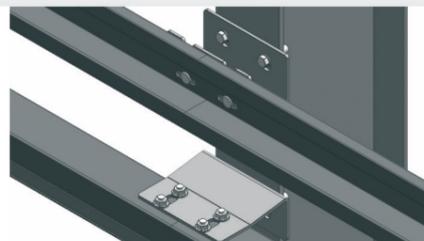
1.3.2 barra orizzontale tipo B



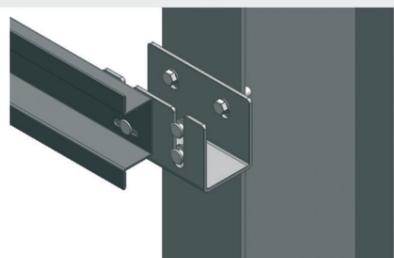
1.3.3 staffa di ancoraggio tipo A



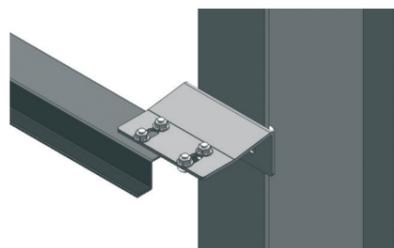
1.3.4 staffa di ancoraggio tipo B



apposite staffe sagomate collegano, al montante in acciaio, i profili orizzontali a cui si agganciano gli elementi in cotto. I montanti vengono ancorati alla struttura retrostante tramite bulloni di fissaggio



collegamento tipo A

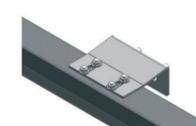


collegamento tipo B in corrispondenza dei frangisole

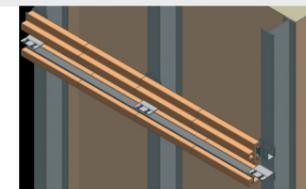
## 2.1 giunti di connessione e sostegno



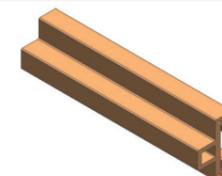
2.1. giunto di connessione tipo A



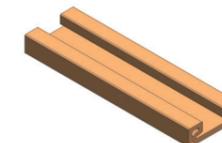
2.2. giunto di connessione tipo B



## 2.2 lastra piana rettangolare



forma trilobata inscritta in un rettangolo di 100x150 mm superficie liscia



forma trilobata inscritta in un rettangolo di 50x150 mm (frangisole in corrispondenza delle aperture)

### Caratteristiche generali:

materiale: cotto pregiato imprunetino

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo

superficie: liscia

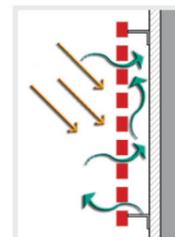
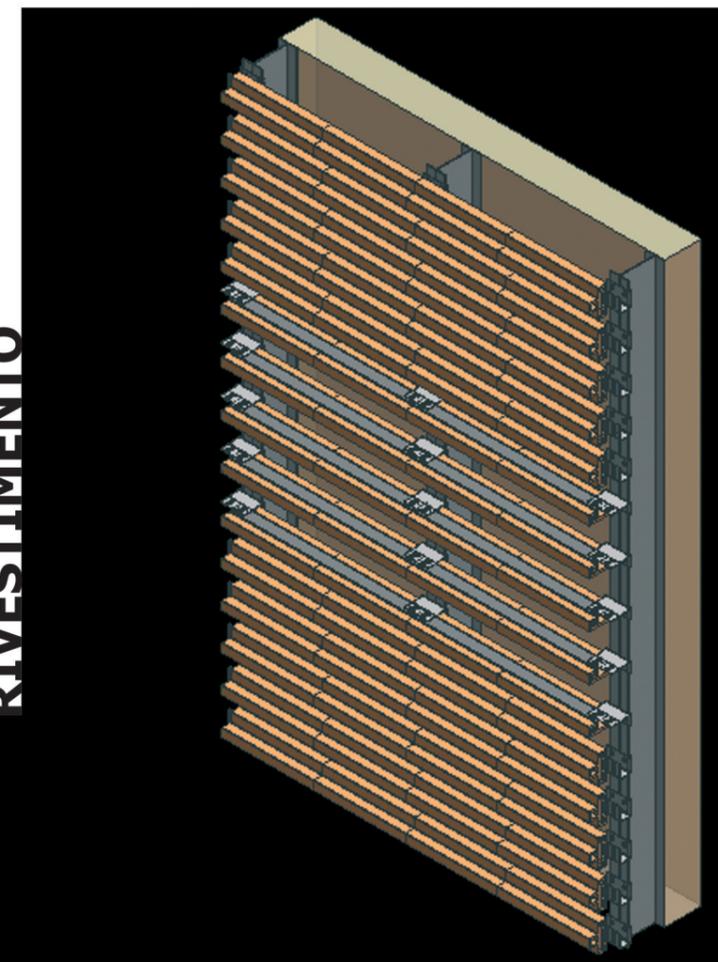
tipo di aggancio: nascosto, il listello in laterizio viene agganciato mediante infilaggio in barre sagomate in acciaio, fissate a staffe di ancoraggio che le fissano alla struttura verticale

### Caratteristiche dimensionali:

L'elemento in cotto ha una forma trilobata inscritta in un rettangolo di 100x150 mm (bxh) (o 50x150 mm nel caso dei frangisole in corrispondenza delle aperture).

Il rivestimento è costituito da elementi in cotto tipo a listelli realizzati con terra estratta nel comune di Impruneta. L'elemento in cotto ha una forma trilobata inscritta in un rettangolo di 100x150 mm (o 50x150 mm nel caso dei frangisole in corrispondenza delle aperture). La posa in opera è a secco con una struttura meccanica dedicata: in particolare il listello in laterizio viene agganciato alla struttura primaria verticale mediante staffe di ancoraggio alle quali sono fissate le barre in acciaio (che compongono la struttura orizzontale secondaria) infilate nei listelli.

**RIVESTIMENTO**

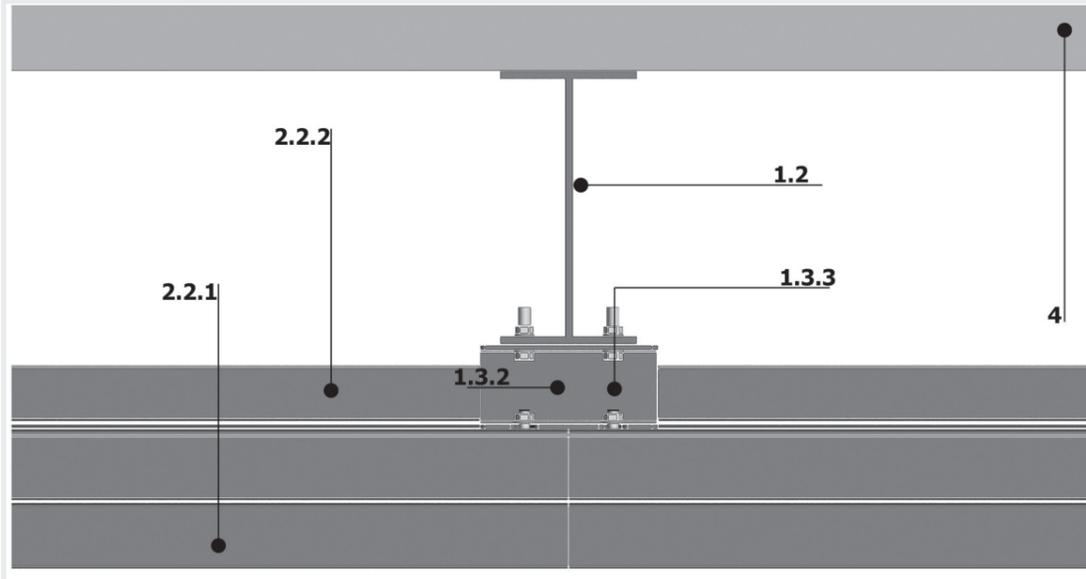


**PARETE SCHERMATA**

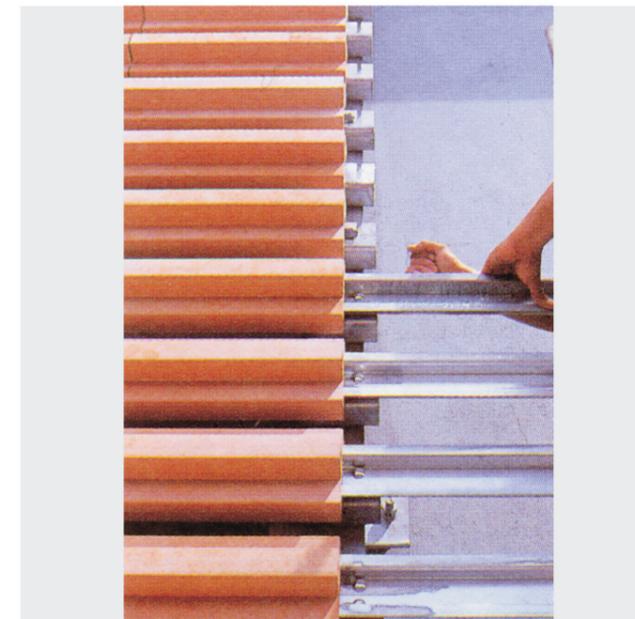
produttore cotto: Sannini Impruneta  
 caso studio: Showroom B.P. Studio, Osmannoro (Firenze)  
 progettista: Claudio Nardi

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

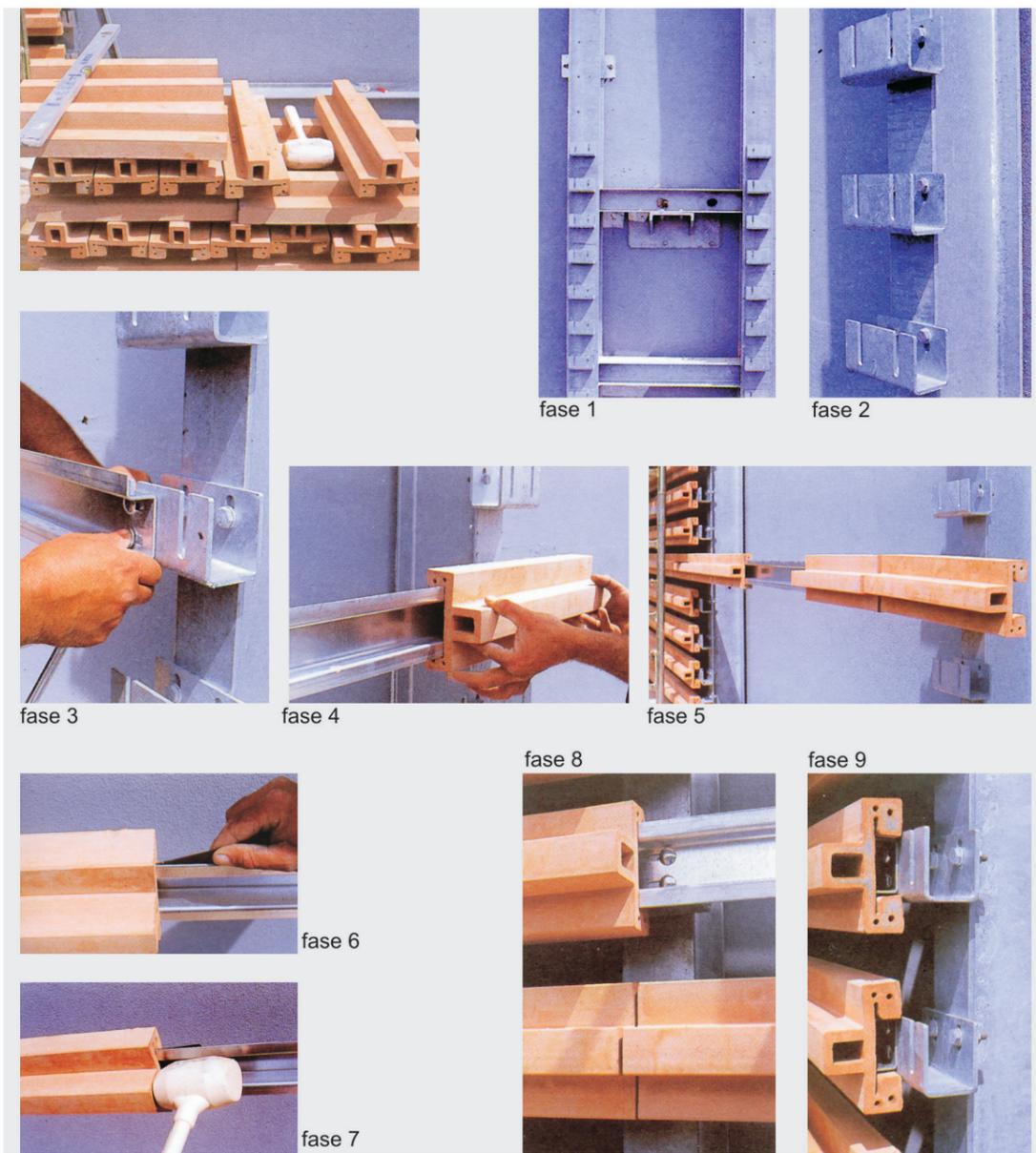
sezione longitudinale



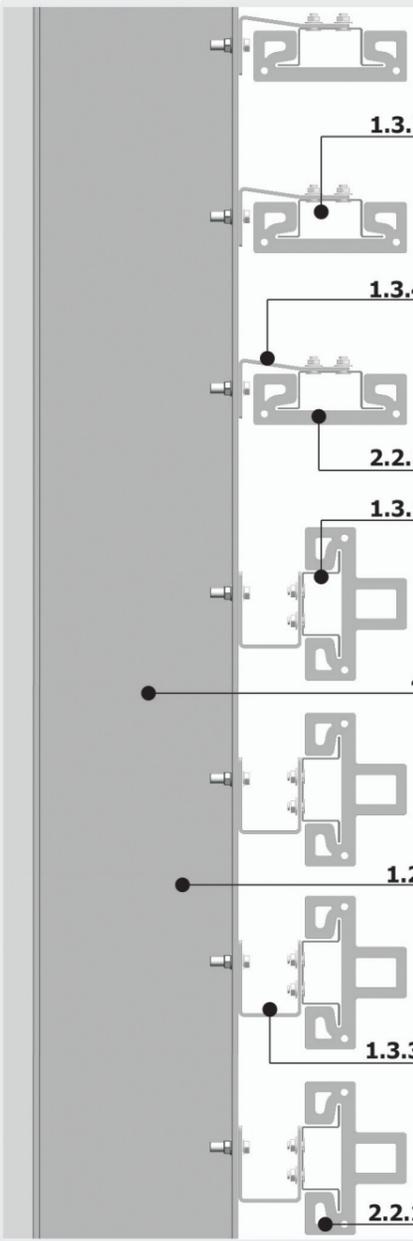
- 1.2 montante in acciaio
- 1.3.1. barra orizzontale tipo A
- 1.3.2 barra orizzontale tipo B
- 1.3.3 staffa di ancoraggio tipo A
- 1.3.4 staffa di ancoraggio tipo B
- 2.2.1 forma trilobata tipo A inscritta in un rettangolo di 100x150 mm
- 2.2.2 forma trilobata tipo B inscritta in un rettangolo di 50x150 mm
- 4. parete di supporto



fasi di montaggio

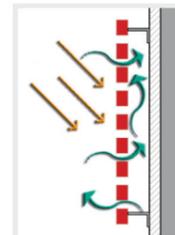


sezione trasversale



caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto l x h x b	mm	
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	
	dimensioni modulo di facciata L x H	cm	
trattamento superficiale	assorbimento d'acqua	%	7
			impregnante idrorepellente a base di microemulsione silossanica
giunti	tipologia di giunti orizzontali		--
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	
camino d'areazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	
	altezza massima camini	cm	--
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

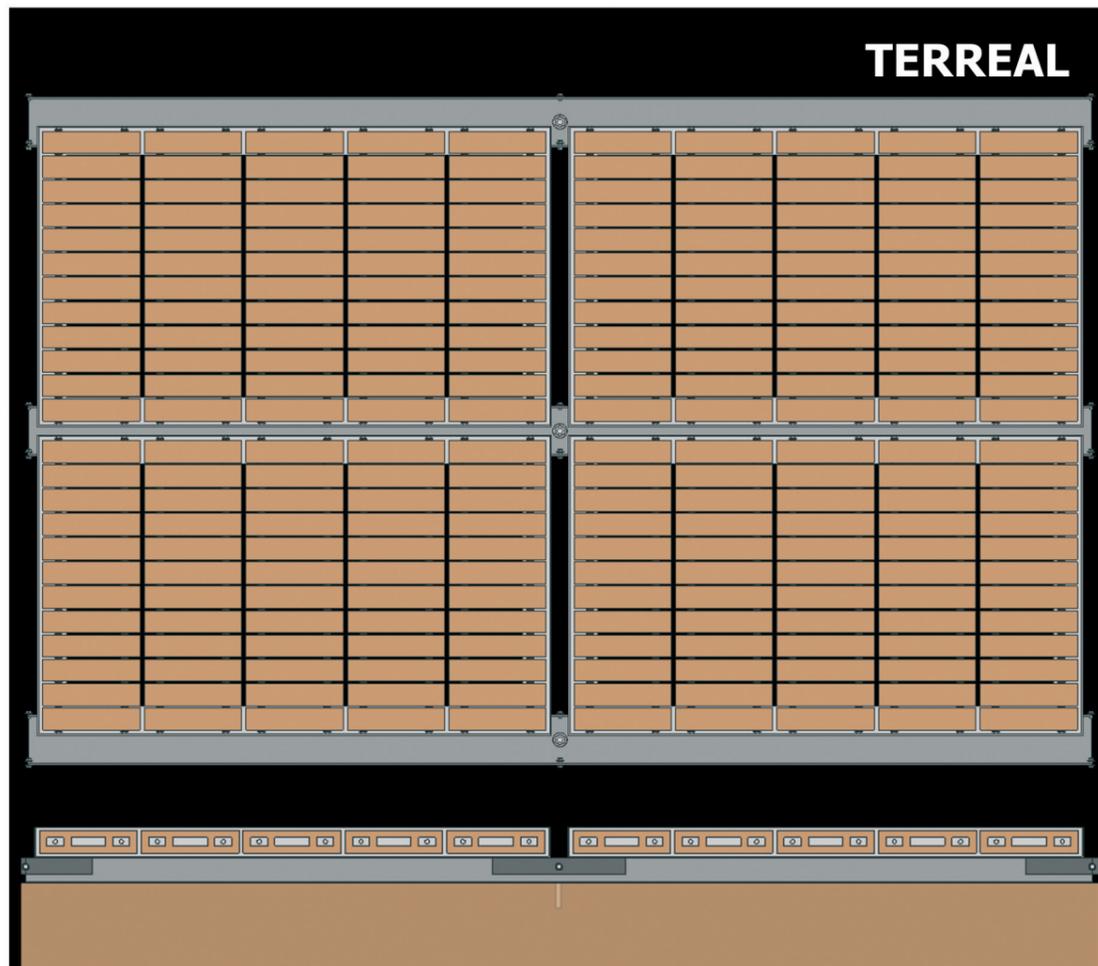
caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione		
controllo planarità, orizzontalità, verticalità		buono
complessità strutturale del sistema		alta
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		buona
attitudine al montaggio		mediocre
sostituibilità		mediocre
manutenibilità		mediocre
produzione di sfido in fase di montaggio		media
tempi di montaggio		lunghi



PARETE SCHERMATA

produttore cotto: Sannini Impruneta  
 caso studio: Showroom B.P. Studio, Osmannoro (Firenze)  
 progettista: Claudio Nardi

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



**Progetto per l'ampliamento della sede dell' IRCAM, Parigi**

progettista:  
Renzo Piano Building  
Workshop Architects  
anno: 1988-1989

Nel progetto per l'ampliamento della sede dell'IRCAM a Parigi, su committenza del Centre National d'art et de la culture Georges Pompidou, l'Atelier Piano opera una scelta nella direzione dell'impiego di un materiale tradizionale, il laterizio, secondo tecniche di assemblaggio proprie dell'industria: gli elementi in laterizio costituiscono un muro esclusivamente attraverso unioni di tipo meccanico. L'ampliamento dell'Istituto di ricerche musicali si sostanzia fundamentalmente nel corpo di fabbrica che chiude l'angolo fra place Beaubourg e place Stravinskij ed ospita gli uffici del centro. La scelta della terracotta per il rivestimento ristabilisce un rapporto di continuità con gli edifici circostanti realizzati con murature a faccia vista, mentre alle strutture e agli elementi in alluminio è affidato il richiamo alle tecniche costruttive più moderne basate sull'assemblaggio a secco di componenti.

Il sistema realizzato costituisce lo strato esterno di una facciata ventilata anche se l'inerzia termica dei pannelli e le continue interruzioni del paramento si allontanano dalla prassi costruttiva da adottare per tali sistemi di parete. La facciata è costituita di pannelli preassemblati in officina e ogni pannello da un telaio in alluminio, aste e file verticali di mattoni in laterizio. Un gioco di spazi di 8 cm tra le grandi pennellature, e di 4 e 2 cm rispettivamente nella direzione verticale e orizzontale dei singoli pannelli crea poi una gerarchia che esalta il dettaglio del sistema di fissaggio degli elementi.

SEZIONE  
LIVELLO TIPO

pannello in alluminio

staffa in alluminio

bullone di fissaggio

pannello in alluminio

distanziatore in pvc

parete posteriore

elemento in laterizio

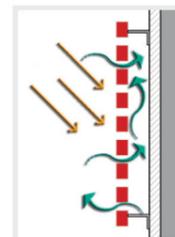
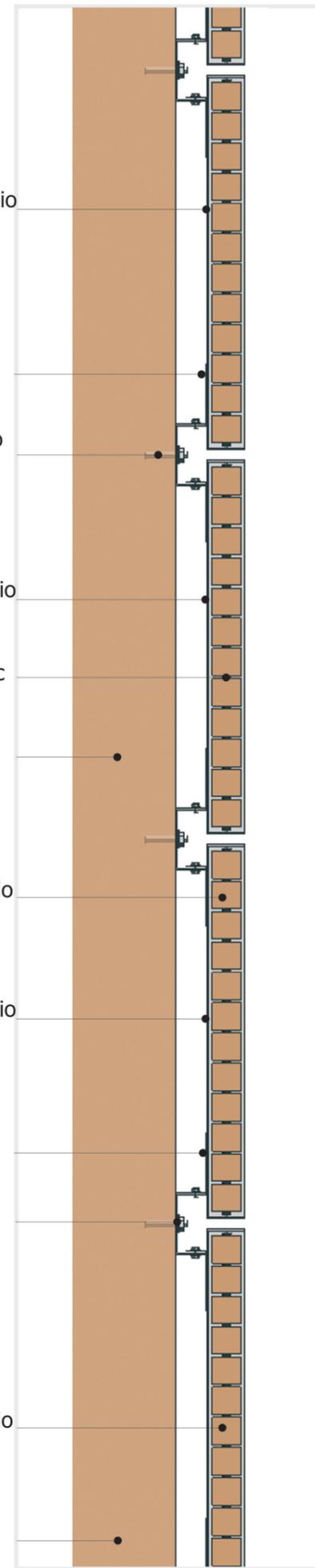
pannello in alluminio

staffa in alluminio

profilato a "C"  
in acciaio

elemento in laterizio

parete posteriore



**PARETE SCHERMATA**

produttore cotto: Terreal  
caso studio: Progetto per l'ampliamento della sede dell' IRCAM, Parigi  
progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



Alla parete di supporto, realizzata in pannelli di c.a. alleggerito, viene fissata l'orditura principale (un profilato in acciaio a C orizzontale fissato tramite bulloni). I pannelli prefabbricati che portano il rivestimento in cotto (70 x 120 cm) sono assemblati in cantiere tramite fissaggi meccanici in alluminio. Ogni pannello si ancora alle C mediante staffe anch'esse in alluminio.

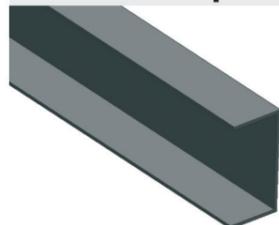
**SOTTOSTRUTTURA**

## 1.1 ancoraggi

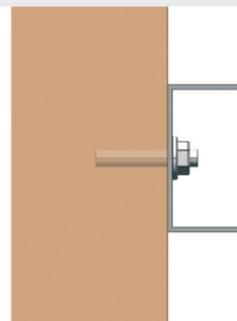


1.1 bullone di fissaggio

## 1.2 orditura principale



1.2 profilato orizzontale a "C" in acciaio inox

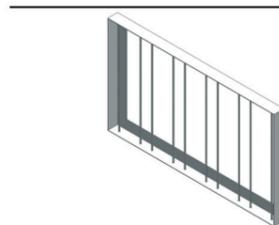


Un bullone di fissaggio ancora il profilato orizzontale a "C" in acciaio inox alla struttura muraria retrostante

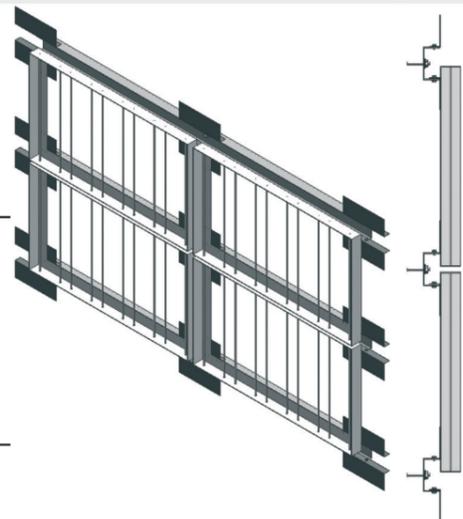
## 1.3 orditura secondaria



1.3.1 coppia di staffe in alluminio



1.3.2 telaio in alluminio con aste verticali

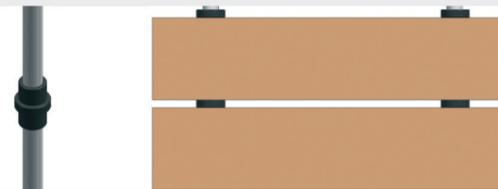


Le staffe in alluminio sono bullonate alle ali del profilato orizzontale corrente a "C". Le staffe fungono anche da elemento di connessione tra i profilati orizzontali e i telai in alluminio.

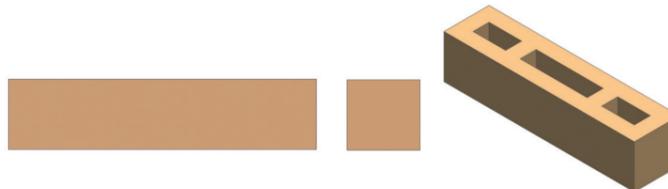
## 2.1 giunti di connessione e sostegno



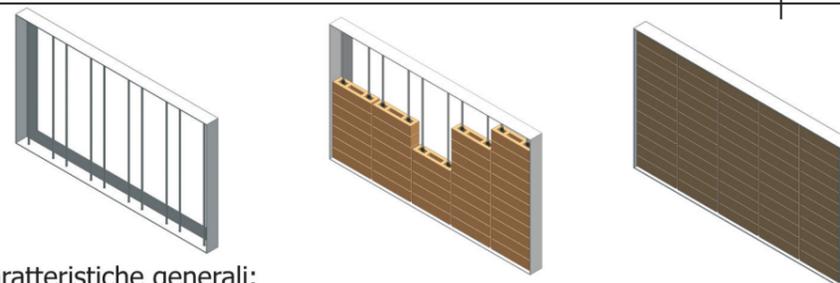
2.1 distanziatori in pvc



## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 52 x 230 x 54 mm



### Caratteristiche generali:

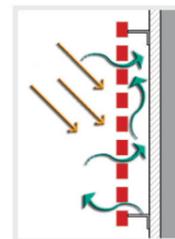
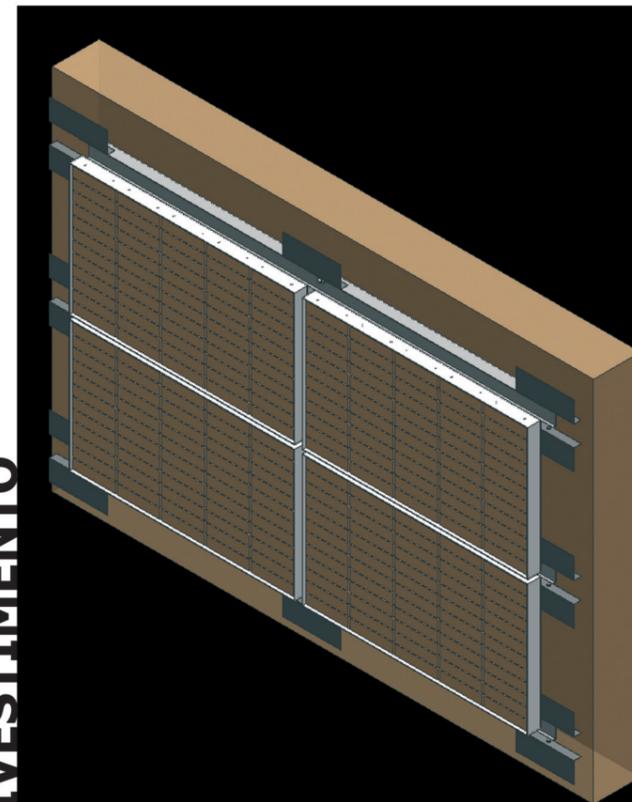
materiale: laterizio formatura: elemento forato sui lati superiore e inferiore  
trattamento superficiale: la superficie della lastra presenta una superficie lievemente ruvida  
tipo di aggancio: nascosto, l'elemento si aggancia al pannello mediante infilaggio in aste predisposte all'interno del telaio

### Caratteristiche dimensionali:

altezza: 52 mm larghezza: 230 mm spessore max: 54 mm  
posa in opera: a secco

Ogni pannello prefabbricato in officina è costituito da un telaio in alluminio, colonne da dodici mattoni in laterizio sovrapposti e le relative aste; la larghezza del pannello varia, secondo il modulo dettato dalla larghezza del mattone, in funzione della sua posizione sulla facciata. Le pareti in laterizio sono realizzate mediante mattoni forati verticalmente e assemblati individualmente all'interno di un telaio in alluminio al quale sono saldate delle aste verticali. Le aste costituiscono la guida per i forati che, infilati l'uno di seguito all'altro, sono distanziati verticalmente tramite elementi in pvc che si incastrano nel foro del mattone, orizzontalmente la distanza è mantenuta dalla posizione delle medesime aste. Le aste metalliche si possono definire a tutti gli effetti il legante meccanico dei mattoni.

**RIVESTIMENTO**

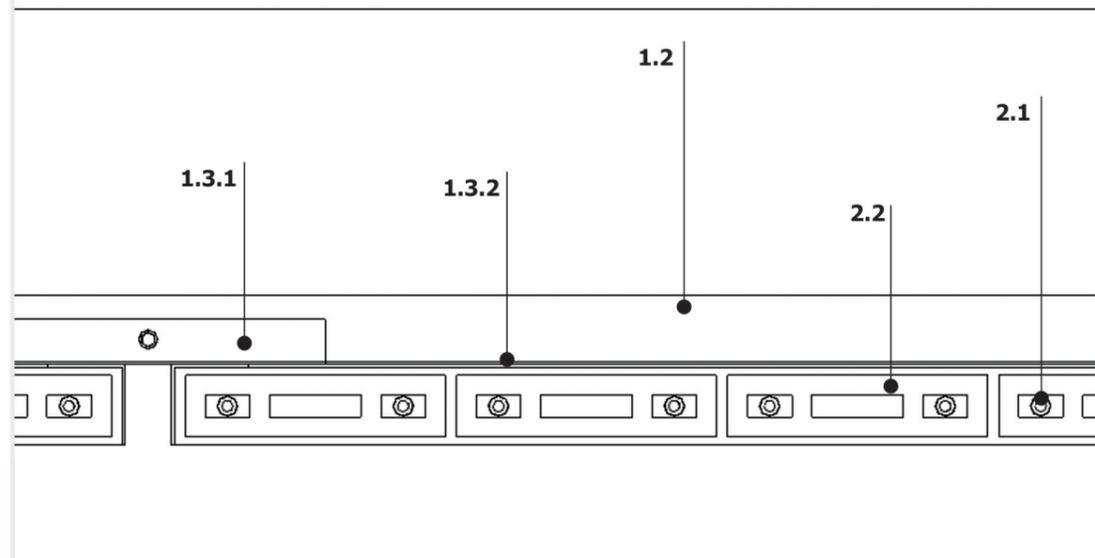


**PARETE SCHERMATA**

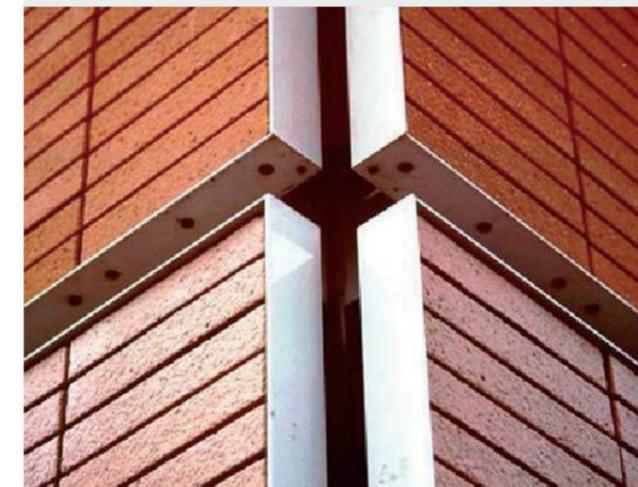
produttore cotto: Terreal  
 caso studio: Progetto per l'ampliamento della sede dell'IRCAM, Parigi  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

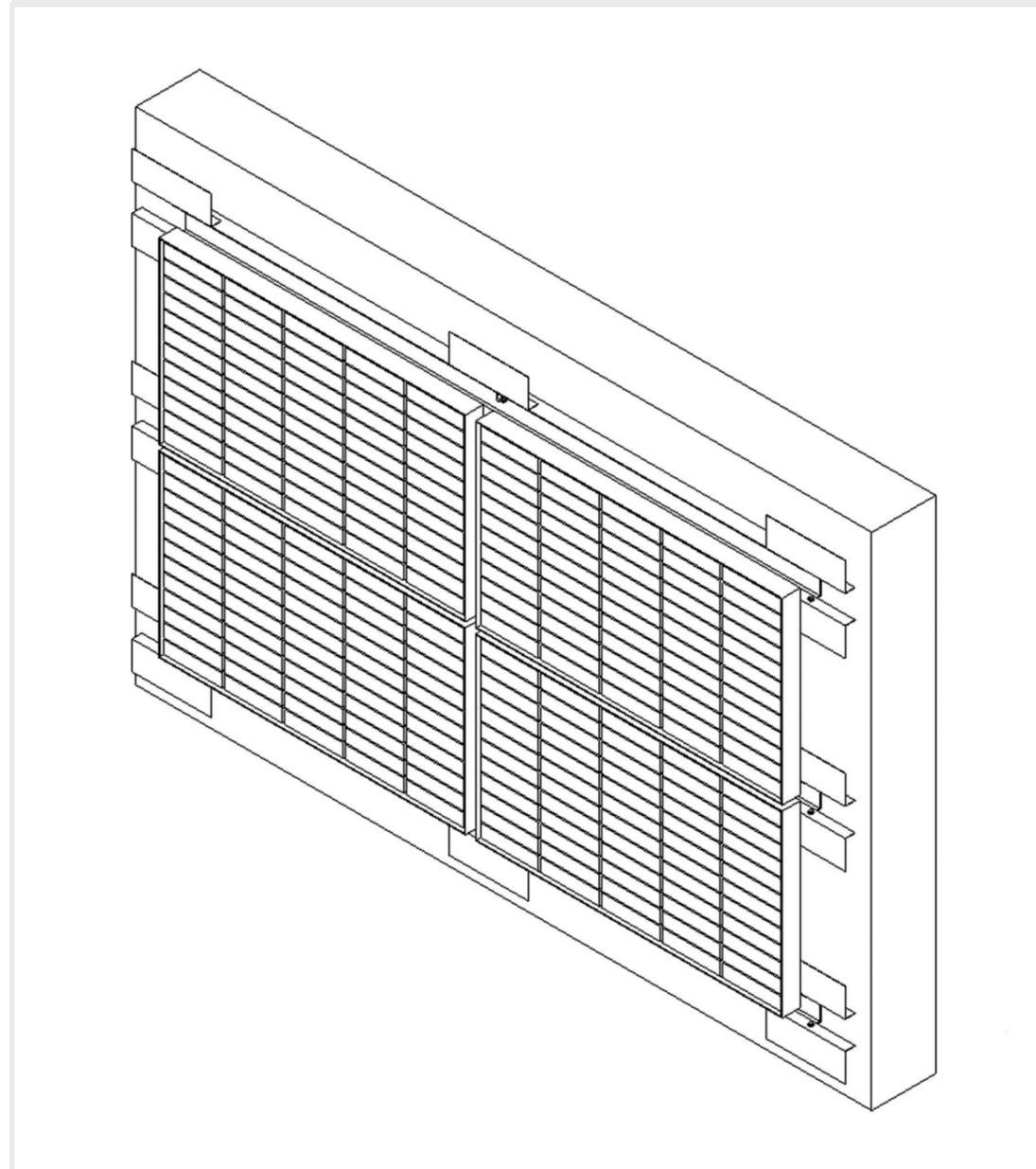
sezione longitudinale



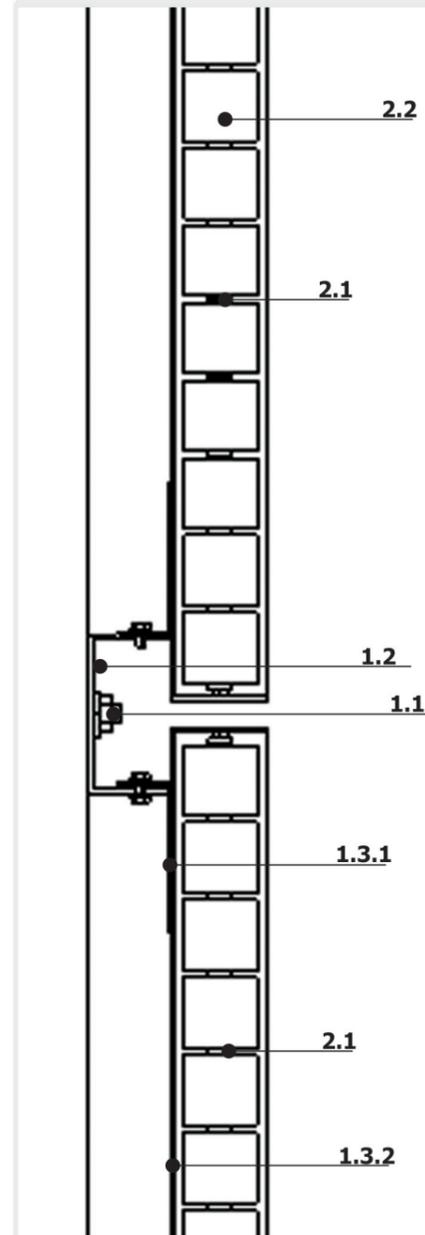
- 1.1 bullone di fissaggio
- 1.2 corrente a "C" in acciaio inox
- 1.3.1 staffa in alluminio
- 1.3.2 telaio di supporto in alluminio
- 2.1 distanziatore in pvc
- 2.2 elemento in cotto dim. 52x230x54 mm



vista assometrica



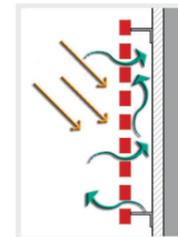
sezione trasversale



caratteristiche tecniche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxhxb	mm	
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	70x120
	assorbimento d'acqua	%	
	trattamento superficiale		
giunti	tipologia di giunti orizzontali		semplici
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	10 (cotto); 40 (pannelli)
camino d'areazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	--
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	--
	altezza massima camini	cm	--
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

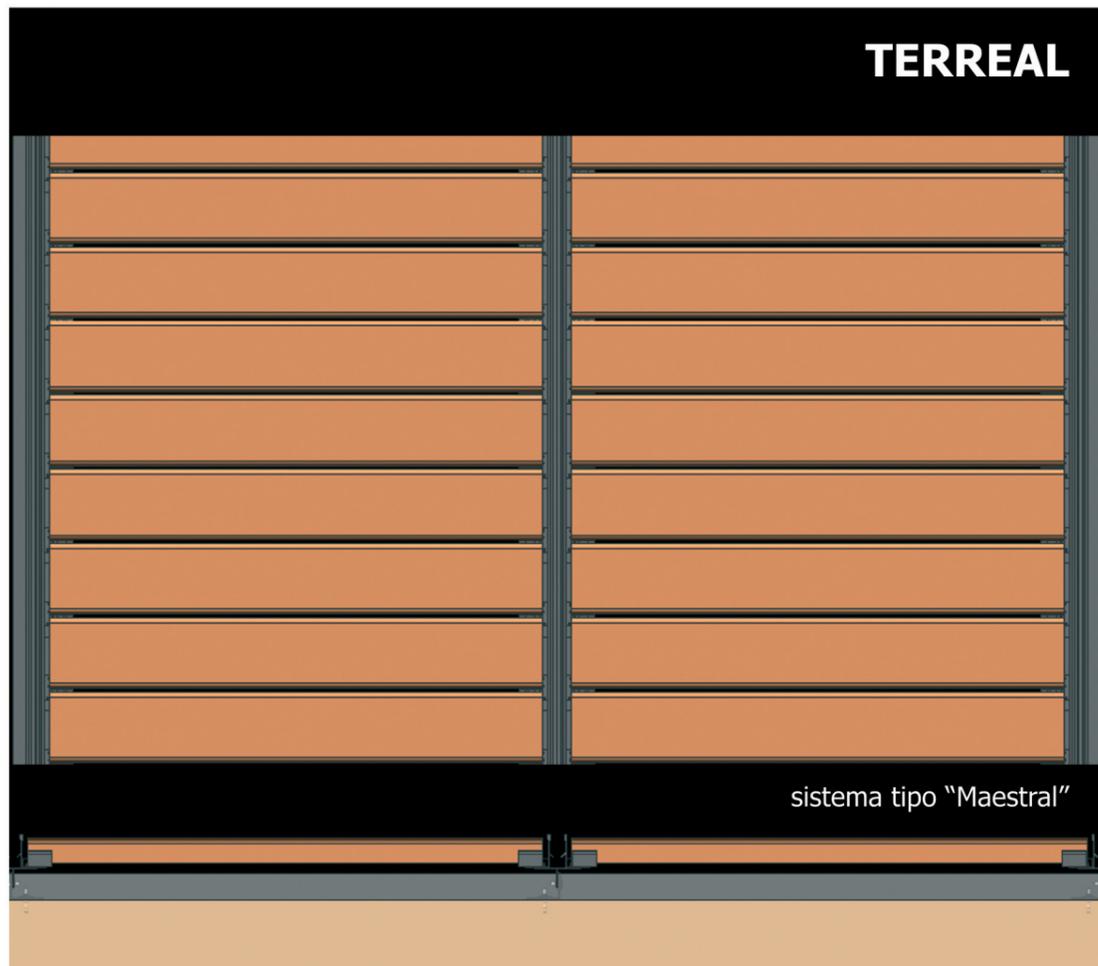
caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione

controllo planarità, orizzontalità, verticalità		ottimo
complessità strutturale del sistema		media
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		ottima
attitudine al montaggio		buona
sostituibilità		mediocre
manutenibilità		mediocre
produzione di sfrido in fase di montaggio		bassa
tempi di montaggio		brevi



PARETE SCHERMATA

produttore cotto: Terreal  
 caso studio: Progetto per l'ampliamento della sede dell'IRCAM, Parigi  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects



**Progetto per gli edifici de la Cité Internationale de Lyon, Lione**

Progettista:  
Renzo Piano Building  
Workshop Architects  
anno:1989-1995



Il complesso di edifici della Cité Internationale di Lione, situato in un'ansa fra il Rodano e il parco della Tête d'Or, si presenta come un frammento di città composto da una doppia schiera di padiglioni autonomi ordinati e collocati lungo un percorso pubblico centrale di 1,3 km di lunghezza, parzialmente coperto. La Cité ospita edifici per abitazioni e uffici, un centro congressi, un hotel, un cinema multi-sala ed un museo d'arte contemporaneo disposti lungo una dorsale costituita dal viale centrale sul quale affacciano tutti i corpi di fabbrica. La Cité Internationale è progettata anche per entrare in relazione con la natura circostante. Il complesso è circondato di alberi in grado di filtrare i rumori e la vista della strada a scorrimento veloce che divide il parco della Tête d'Or dal fiume Rodano. L'accesso principale ad ogni edificio avviene, dal lato del Rodano, da un viale urbano con un percorso alberato. Il rivestimento in terracotta adottato per questi edifici è diverso rispetto a quelli adoperati in precedenti progetti: sia per la dimensione e la tecnica di montaggio delle unità di terracotta, sia per l'uso di un ulteriore strato in vetro all'esterno. Le unità di terracotta non sono raggruppate in pannelli, hanno una dimensione maggiore di quelle degli elementi dei progetti precedenti e sono ancorati singolarmente ai montanti di sostegno. Gli edifici sono interamente rivestiti in terracotta ma i prospetti sul Rodano e verso il parco sono schermati da una seconda parete in vetro. Il sistema della doppia pelle è finalizzato a migliorare ulteriormente l'efficienza energetica del complesso e a garantire una sensazione di contatto con l'esterno.

SEZIONE  
LIVELLO TIPO

staffe ad "L"  
in acciaio

montante verticale  
in lega di alluminio

tasselli  
di ancoraggio

lastra in cotto  
Terreal tipo  
"Maestral"

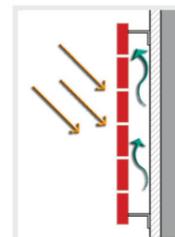
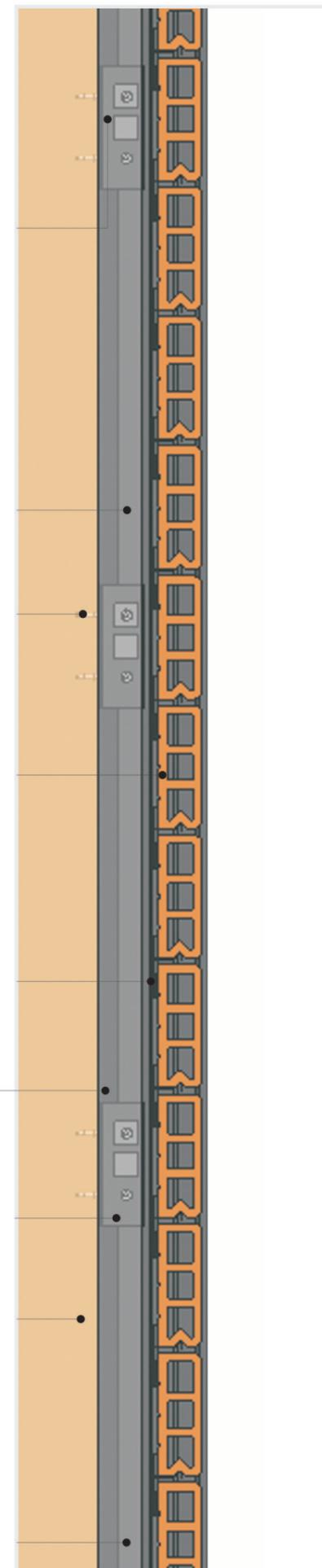
graffaggio in  
acciaio inox 304 L

pannello isolante

staffe ad "L"  
in acciaio

parete di supporto

montante verticale  
in lega di alluminio



**PARETE MICROVENTILATA**

produttore cotto: Terreal  
caso studio: Progetto per gli edifici de la Cité Internationale, Lione  
progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects



La sottostruttura di questo sistema è costituita da montanti verticali in lega di alluminio. Sulle ali del montante della sottostruttura vengono fissate con viti autofilettanti i graffaggi per l'ancoraggio delle lastre Maestral. Il limite esterno del gambo del montante sporge dal filo della facciata in cotto per fare da punto di ruscellamento dell'acqua sulla facciata.

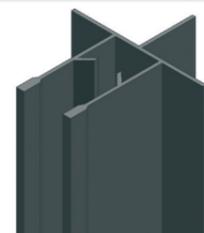
**SOTTOSTRUTTURA**

## 1.1 ancoraggi



1.1 staffa ad "L" in acciaio

## 1.2 orditura principale

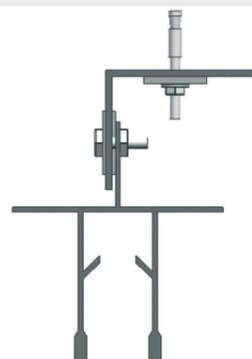


1.2 montante verticale in lega di alluminio

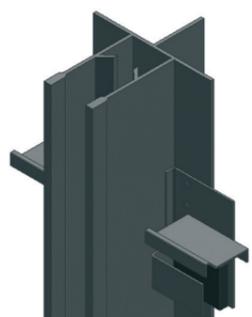
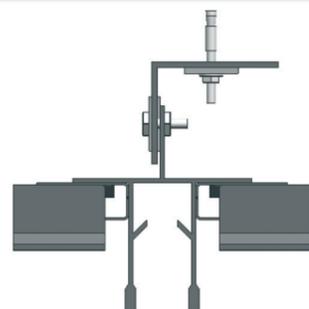
## 1.3 orditura secondaria



1.3 graffaggio in acciaio inox 304 L



la staffa di fissaggio con sistema di regolazione fissa il montante alla parete portante



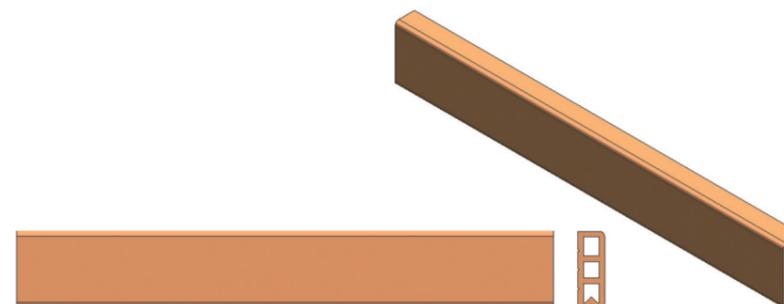
I graffaggi, costituiti da acciaio inox 304 L, fissati ai montanti, consentono il sostegno della lastra corrispondente e, nel contempo, il bloccaggio di quella superiore.

## 2.1 giunti di connessione e sostegno



2.1. graffaggio in acciaio inox 304 L

## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 200 x 1520 x 70 mm  
superficie liscia

Caratteristiche generali:

materiale: cotto

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo.

superficie: la superficie della lastra presenta una finitura liscia

tipo di aggancio: seminascosto, mediante graffaggi dedicati

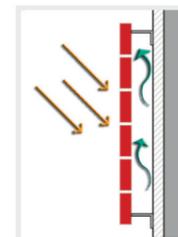
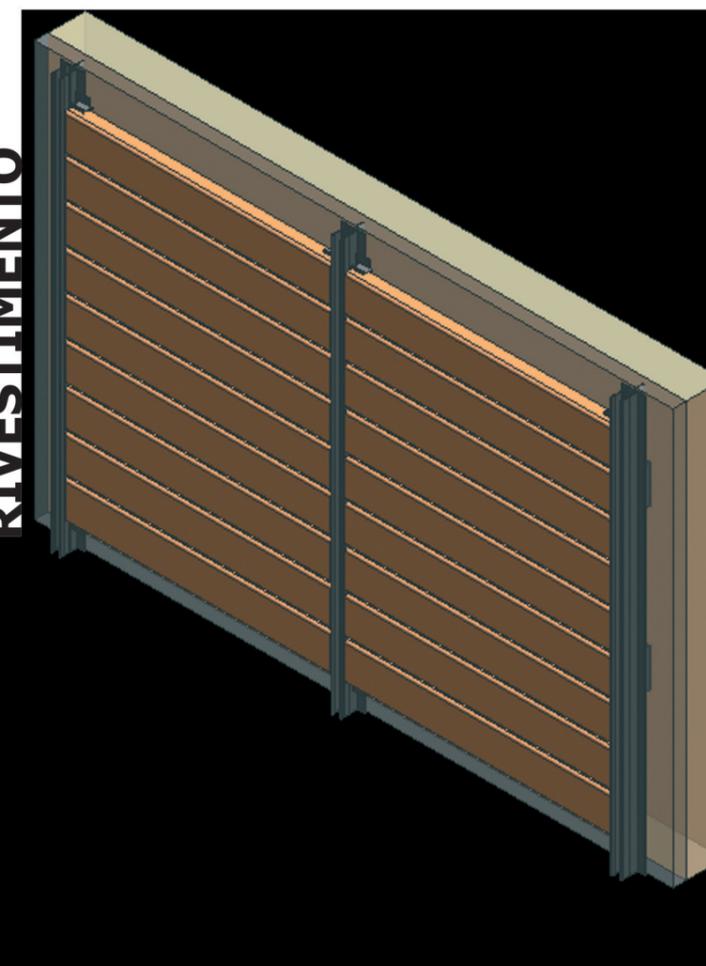
Caratteristiche dimensionali:

altezza: 200mm larghezza: fino a max 1520mm spessore max: 70 mm ca peso: 74-75 kg/m<sup>2</sup>

posa in opera: a secco

Il rivestimento è costituito da elementi in cotto tipo "Maestral di colore bardeau" delle dimensioni (l x h x s) di 1520x 200x 70mm. Per consentire le sostituzioni delle lastre esiste un giunto verticale di 1,5 - 1 cm tra l'asse centrale del montante e il cotto. Un pannello di materiale isolante non idrofilo tra i montanti crea una lama d'aria continua minima di 2 cm tra la faccia posteriore del Maestral e lo strato isolante.

**RIVESTIMENTO**



**PARETE MICROVENTILATA**

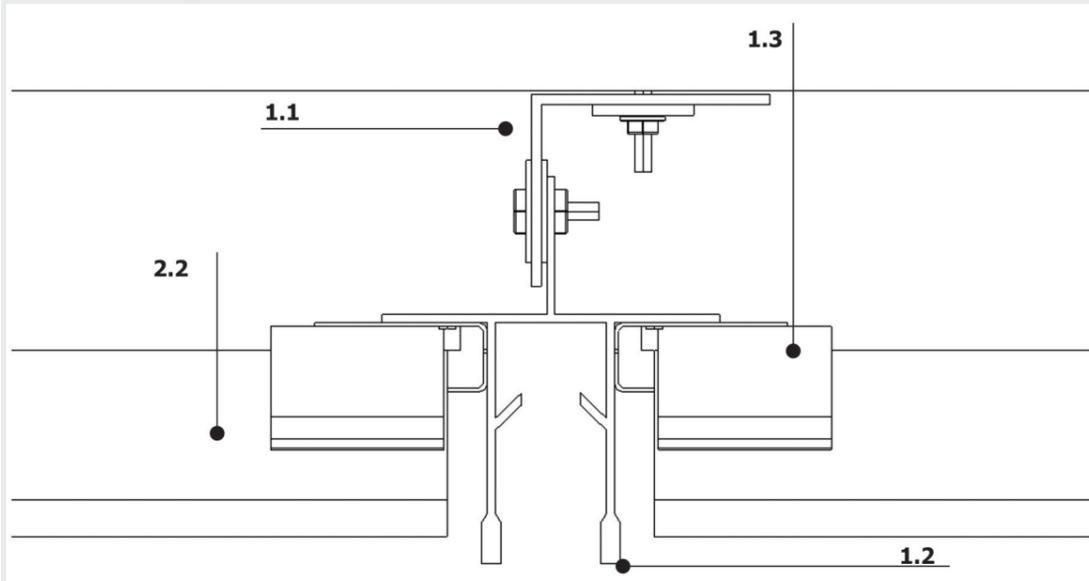
produttore cotto: Terreal

caso studio: Progetto per gli edifici de la Cité Internationale, Lione

progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects

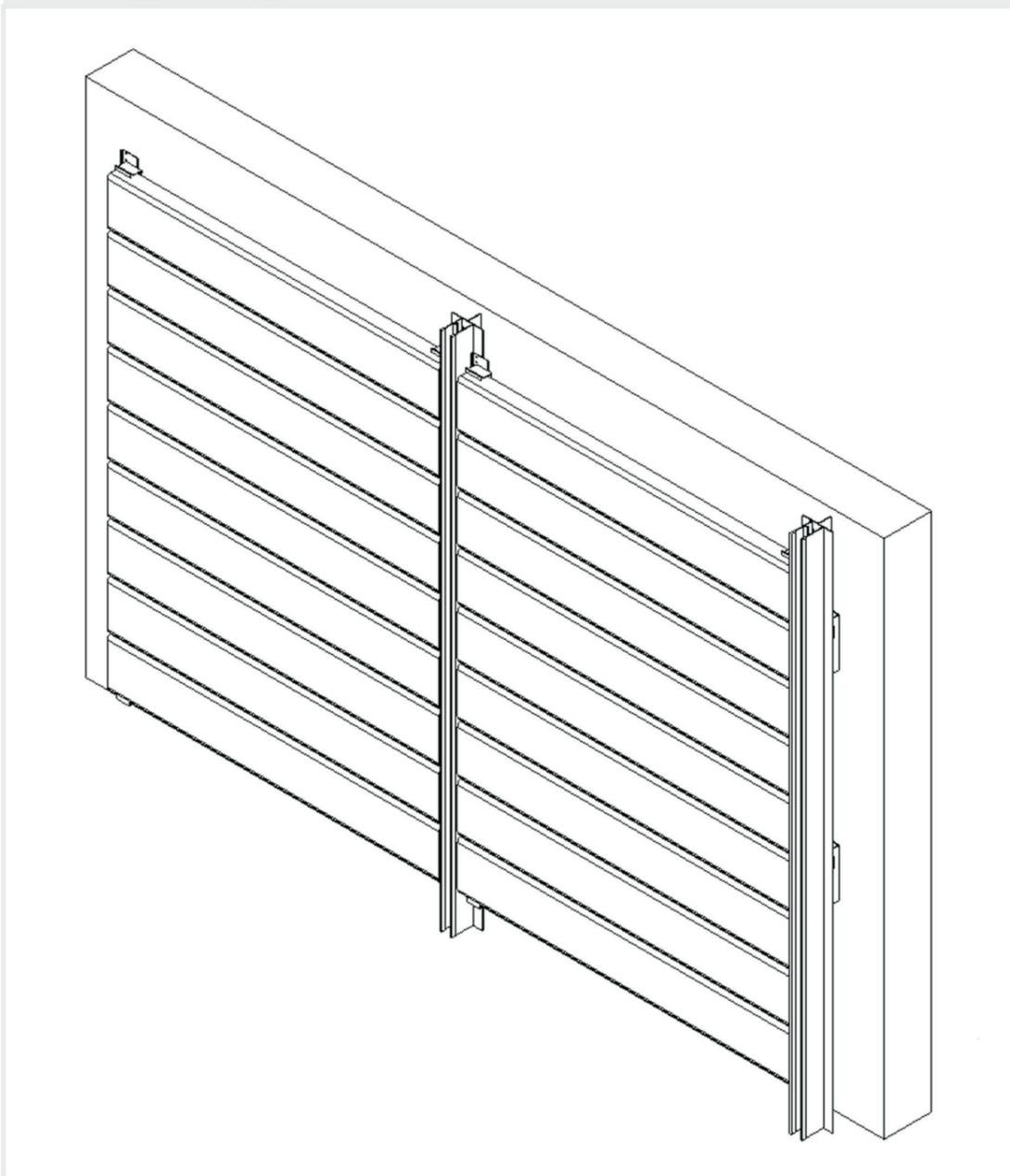
# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

sezione longitudinale

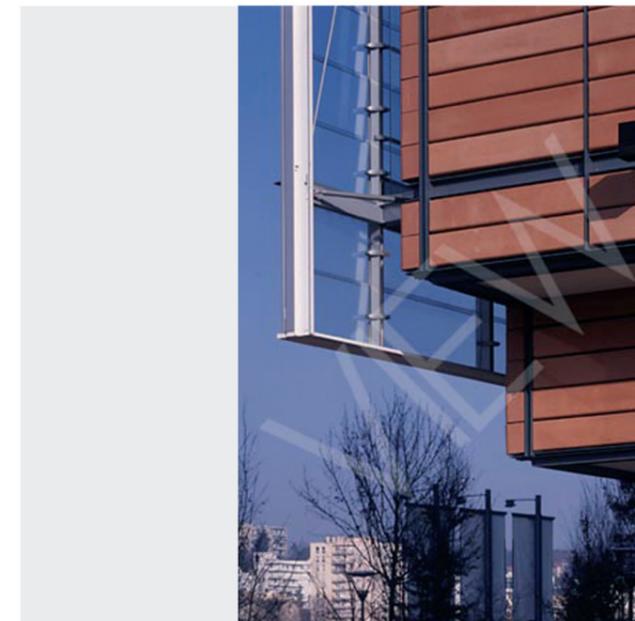
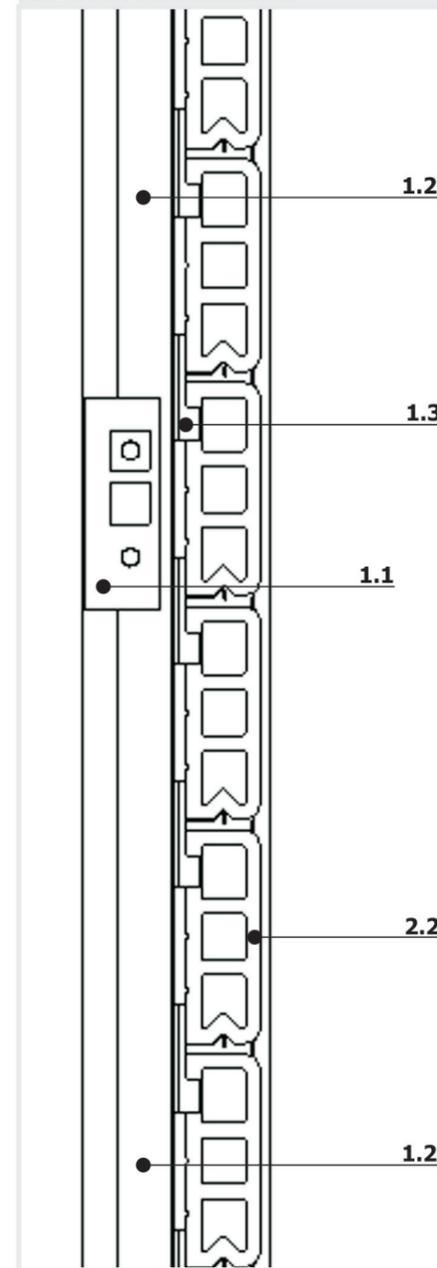


- 1.1 staffa ad "L" in acciaio
- 1.2 montante verticale in lega di alluminio
- 1.3 graffaggio in acciaio inox 304 L dim. 65x100x26 mm
- 2.2 lastra in cotto Terreal tipo "Maestral" dim. 200 x 1520 x 70 mm

vista assometrica

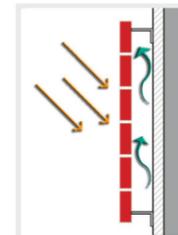


sezione trasversale



caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxb	mm	1520x200x70
			1520x300x70
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	74-75 kg/m <sup>2</sup>
giunti	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	
	tipologia di giunti orizzontali		semplici con kerf
camino d'areazione	assorbimento d'acqua	%	
	trattamento superficiale		
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	10
	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	154
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	2
	altezza massima camini	cm	altezza edificio
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

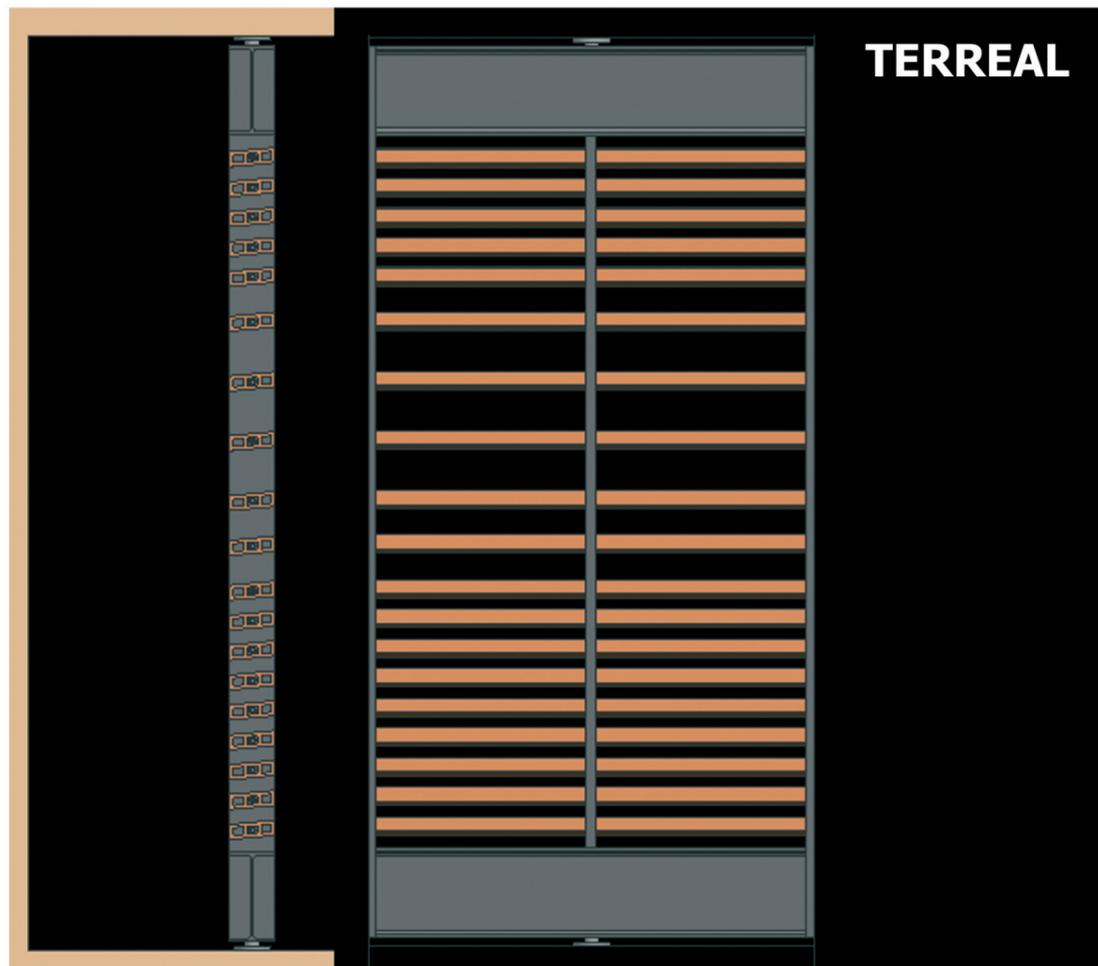
caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione		
controllo planarità, orizzontalità, verticalità		buono
complessità strutturale del sistema		media
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		buona
attitudine al montaggio		mediocre
sostituibilità		buona
manutenibilità		buona
produzione di sfido in fase di montaggio		media
tempi di montaggio		lunghi



PARETE MICROVENTILATA

produttore cotto: Terreal  
 caso studio: Progetto per gli edifici de la Cité Internationale, Lione  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



**TERREAL**

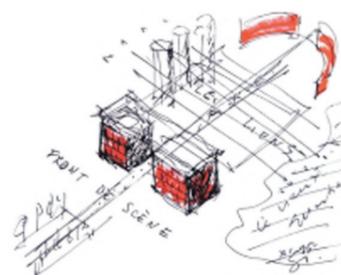


**Progetto per la Mediateca nel quartiere Marengo, Tolosa**

Progettisti:  
Buffi Associati,  
C. Ramin e F. Egreteau  
anno: 1997-2004



Il progetto dello Studio Jean Pierre Buffi e Associati per la Mediateca di Tolosa propone una originale interpretazione del tema dell'involucro, dove l'estesa mobilità degli elementi di schermatura consente differenti livelli di permeabilità alla luce e, al contempo, molteplici configurazioni espressive. La ricca variabilità della configurazione dell'involucro è ottenuta mediante la movimentazione degli elementi che lo costituiscono. In quest'edificio le singole parti possono modificarsi con grande flessibilità nel tempo, delineando una vasta gamma di soluzioni di involucro determinate dalle condizioni di irraggiamento solare, ma anche dal modo in cui chi abita l'edificio intende gestire il rapporto tra gli spazi interni e l'ambiente circostante. L'involucro può assumere tutte le configurazioni possibili tra i due poli estremi: dalla chiusura totale degli affacci (ottenuta disponendo gli schermi parallelamente all'involucro trasparente retrostante), alla totale trasparenza (ottenuta disponendo invece gli schermi perpendicolarmente al fronte dell'edificio). Questa variabilità di assetto è perseguita in due direzioni: da un lato, garantendo la rotazione degli schermi lungo l'asse centrale; dall'altro, facendo riferimento a schermi di differente larghezza e diversa altezza in modo da ottenere una elevata variabilità percettiva delle dimensioni dei piani dell'edificio lungo i quattro fronti.



SEZIONE  
LIVELLO TIPO

perno di rotazione

profilo IPE 300

lamelle orizzontali a sezione trapezoidale dim. 150 x 50 mm

perno e guarnizione in neoprene

piatto in acciaio dim. 150x35 mm

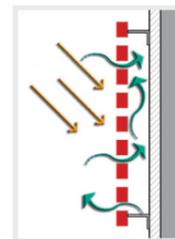
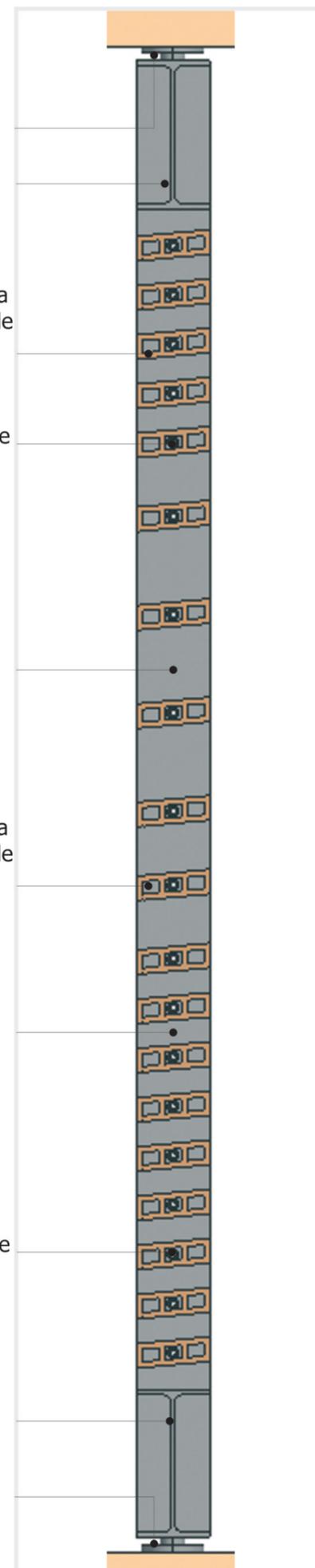
lamelle orizzontali a sezione trapezoidale dim. 150 x 50 mm

piatto in acciaio dim. 150x35 mm

perno e guarnizione in neoprene

profilo IPE 300

perno di rotazione



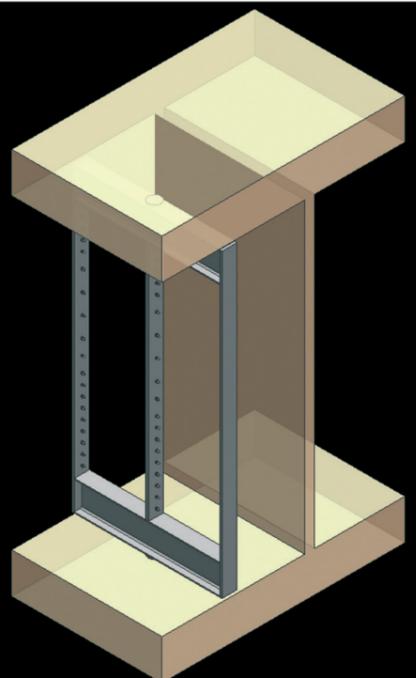
**PARETE SCHERMATA**

produttore cotto: Terreal  
caso studio: Progetto per la Mediateca nel quartiere Marengo, Tolosa  
progettista: Buffi Associati con C. Ramin e F. Egreteau



Tutti gli schermi sono costituiti da un telaio composto da due piatti di acciaio 150x25 mm disposti lateralmente, da un piatto di acciaio di 150x35 mm, posizionato lungo l'asse dello schermo in corrispondenza dei perni di rotazione, e da due profili IPE 300 che fungono da traverso superiore e inferiore. Ogni schermo è fissato alla struttura dell'edificio mediante un perno superiore e uno inferiore che ne assicurano la rotazione mediante un complesso apparato elettro-meccanico.

## SOTTOSTRUTTURA



### 1.1 ancoraggi

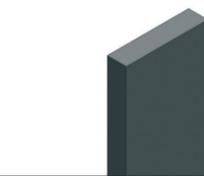


1.1 perno di rotazione

### 1.2 orditura principale



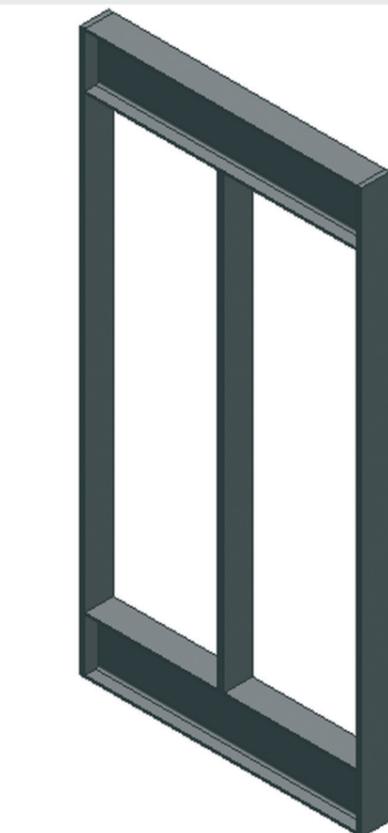
1.2.1 profilo IPE 300



1.2.2 piatto in acciaio dim. 150x35 mm



1.2.3 piatto in acciaio dim. 150x25 mm



telaio dim. 1,5x4,2 m

### 1.3 orditura secondaria



1.3 perno e guarnizione in neoprene

i perni di acciaio e guarnizioni in neoprene sono fissati ai montanti verticali del telaio

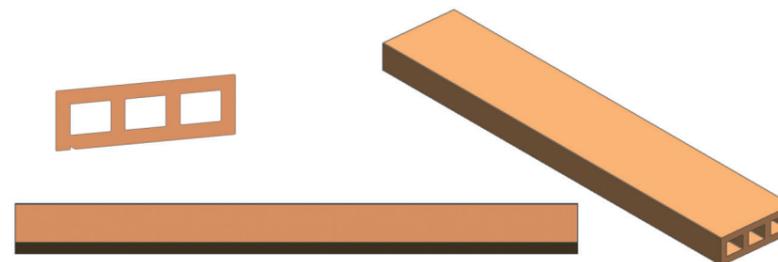
### 2.1 giunti di connessione e sostegno



2.1 perno e guarnizione



### 2.2 lastra piana rettangolare



lamelle orizzontali a sezione trapezoidale dim. 150 x 50 mm

#### Caratteristiche generali:

materiale: laterizio

formatura: lastra estrusa a pezzo singolo

superficie: liscia

tipo di aggancio: seminascosto, la lastra è predisposta per l'aggancio laterale. La lastra è dotata di fori sui lati corti nei quali si allocano perni di acciaio e guarnizioni in neoprene fissati ai montanti verticali del telaio

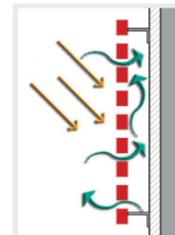
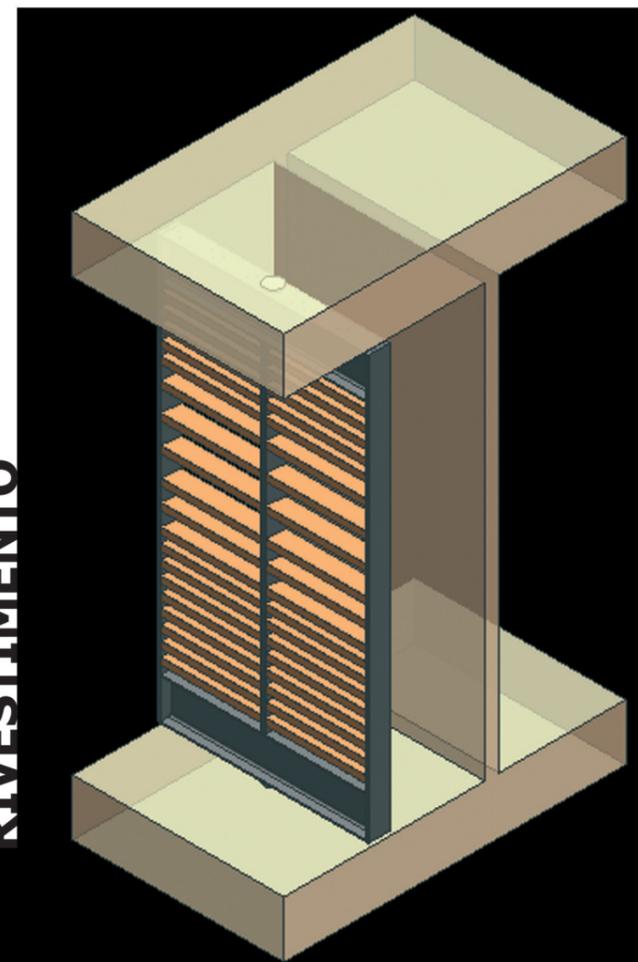
posa: a secco con struttura meccanica dedicata

#### Caratteristiche dimensionali:

le lamelle orizzontali hanno una sezione trapezoidale a tre fori con una dimensione di 150 x 50 mm

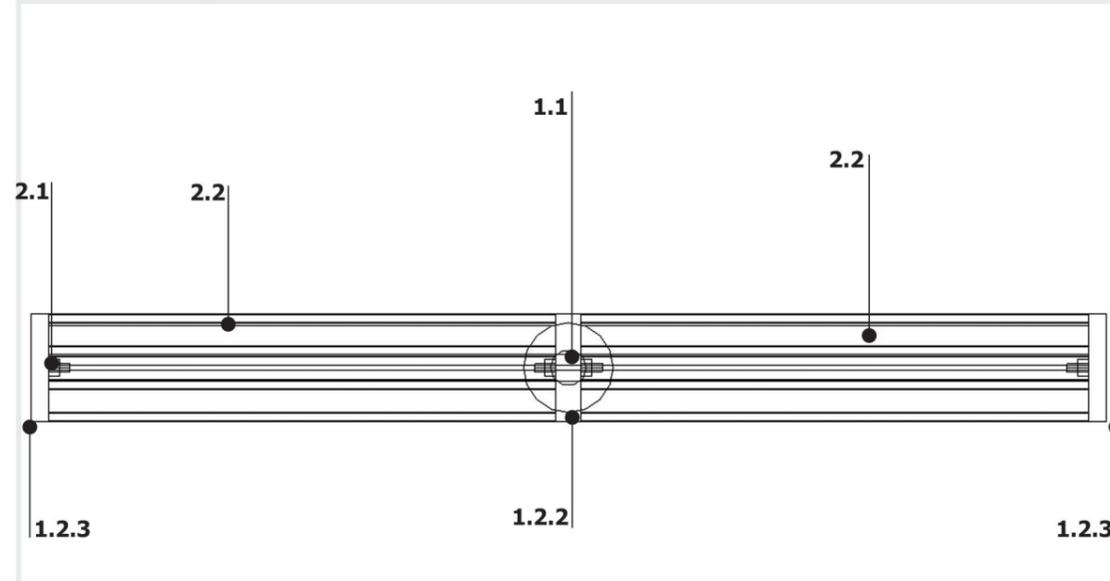
Le lamelle orizzontali sono costituite da elementi estrusi in laterizio. Questi hanno una sezione trapezoidale a tre fori con una dimensione di 150 x 50 mm e sono fissati al telaio mediante perni di acciaio e guarnizioni in neoprene che costituiscono l'interfaccia tra i perni tubolari e i fori dell'elemento in laterizio. Il sistema di schermatura prevede moduli di due diverse larghezze (1.5 e 1.24 m) e di quattro differenti altezze (3 m, 4.2 m, 6.5 m e 8.9 m); queste dimensioni consentono di mettere in relazione le schermature con le differenti altezze di interpiano che caratterizzano l'edificio. Gli schermi di dimensione maggiore si differenziano da quelli più piccoli esclusivamente per la presenza di un fissaggio intermedio costituito da una biella che ancora lo schermo a metà altezza in corrispondenza del solaio intermedio.

## RIVESTIMENTO

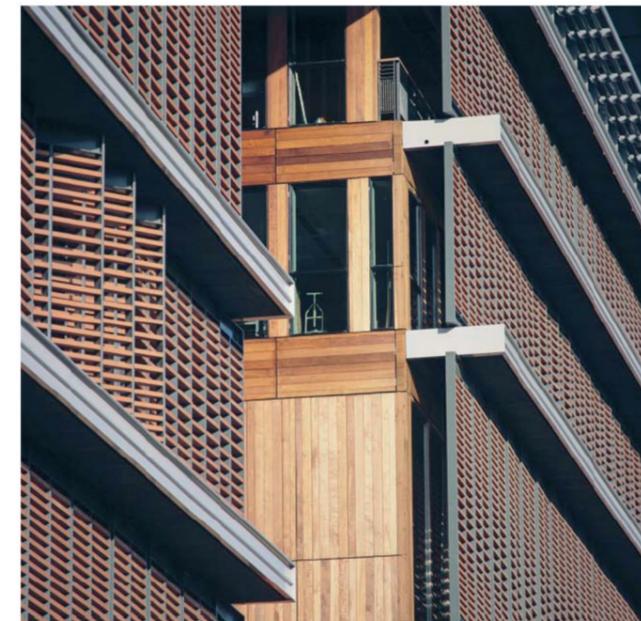


# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

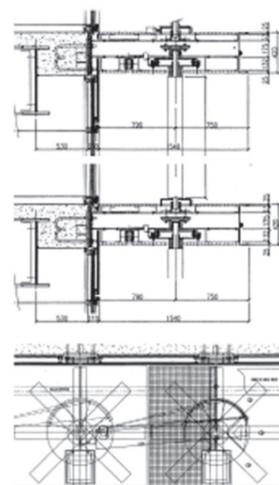
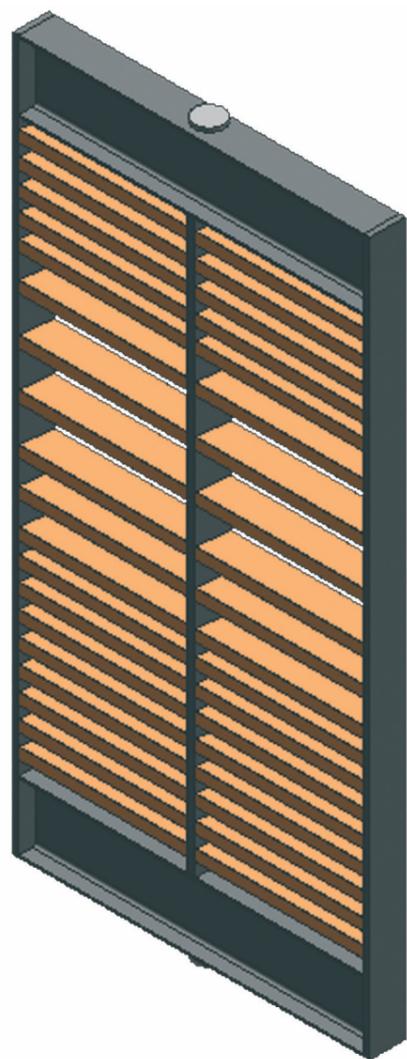
sezione longitudinale



- 1.1 perno di rotazione
- 1.2.1 profilo IPE 300
- 1.2.2. piatto in acciaio dim. 150x35 mm
- 1.2.3 piatto in acciaio dim. 150x25 mm
- 2.1 perno e guarnizione in neoprene
- 2.2 lamelle orizzontali a sezione trapezoidale dim. 150 x 50 mm



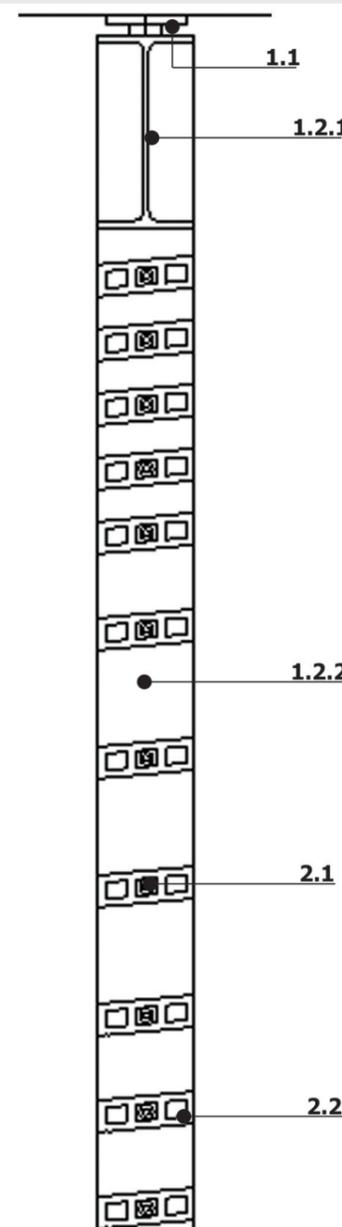
vista assometrica



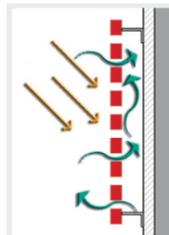
La movimentazione è gestita da un sistema di controllo computerizzato e consente differenti modalità di gestione del movimento degli schermi. In modalità automatica, la posizione degli schermi cambia in funzione delle condizioni di illuminazione esterna rilevate attraverso un

sensore posto sulla copertura dell'edificio. Oltre una certa soglia, gli schermi effettuano un ciclo di quattro rotazioni con angoli di 45°, 90° e 135°, partendo dalla posizione notturna in cui gli schermi sono perpendicolari alla facciata. La soglia di innesco del movimento e la durata dei cicli di rotazione variano in funzione del giorno secondo un programma annuale preimpostato. In caso di venti superiori ai 95 km/h o di condizioni meteorologiche eccezionali la movimentazione viene impedita. Oltre al controllo computerizzato, il sistema prevede altre tre modalità di gestione: la modalità manuale, che consente agli utenti di gestire la movimentazione in relazione alle condizioni di impiego di ogni singolo ufficio; la modalità semiautomatica, che permette di gestire la movimentazione attraverso un telecomando mobile; infine, la modalità "manutenzione", che blocca il sistema di movimentazione per consentire le operazioni di pulizia e controllo in assoluta sicurezza.

sezione trasversale



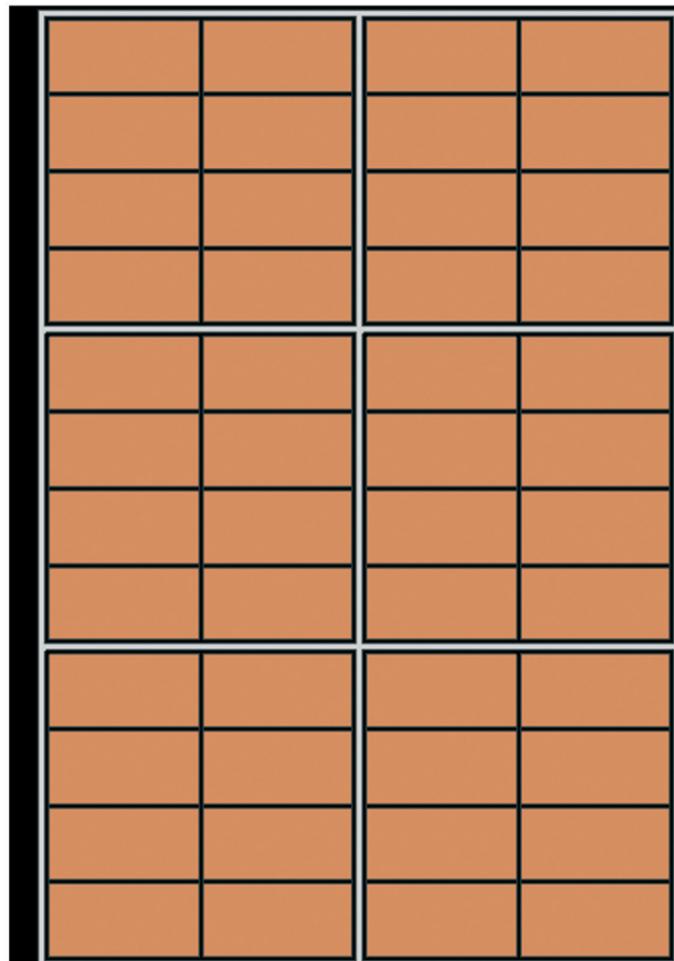
caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxhxb	mm	750x150x50; 620x150x50
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	L=150; 124 H=300; 420; 650; 890
giunti	assorbimento d'acqua	%	
	tipologia di giunti orizzontali		--
camino d'areazione	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	variabili
	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	--
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	--
	altezza massima camini	cm	--
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		--
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		--
caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione			
controllo planarità, orizzontalità, verticalità			--
complessità strutturale del sistema			bassa
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro			buona
attitudine al montaggio			buona
sostituibilità			mediocre
manutenibilità			mediocre
produzione di sfrido in fase di montaggio			bassa
tempi di montaggio			brevi



PARETE SCHERMATA

produttore cotto: Terreal  
 caso studio: Progetto per la Mediateca nel quartiere Marengo, Tolosa  
 progettista: Buffi Associati con C. Ramin e F. Egreteau

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



**WOESTELANDT**

dati di produzione del cotto  
 produttore: Woestelandt  
 fornitori pannelli facciata  
 Grc: Betsinoir



**Progetto per edifici  
 residenziali  
 in Rue de Meux**



progettista:  
 Renzo Piano Building  
 Workshop Architects  
 anno: 1987-1991

Quello di Rue de Meux per La Mutuelles du Mans è un intervento che rappresenta un passaggio successivo rispetto alla esperienza dell'ampliamento per l'Ircam, oltre a rappresentare il "tentativo di tradurre in tecniche accessibili anche dal punto di vista economico il sistema di tamponamento in alluminio e laterizio sperimentato e utilizzato per costruire l'edificio prospiciente al Centre Pompidou". Innanzitutto non si può parlare di facciata ventilata dal momento che il pannello "costituisce nello stesso tempo la struttura del tamponamento dell'edificio e il sistema di aggancio del rivestimento in laterizio". Non si può trascurare inoltre il diverso ruolo che assume nel progetto per Rue de Meux l'elemento di terra cotta; mentre per l'Ircam è stato messo in lavorazione un mattone considerato come semilavorato per la realizzazione della facciata, nel complesso residenziale l'elemento in cotto è un "componente finito le cui caratteristiche dimensionali e morfologiche sono state assunte come riferimento, fino a determinare, per certi versi, la composizione dell'edificio". La mattonella costituisce quasi il modulo alla base del dimensionamento della facciata in tutte le sue parti. "Sono infatti previsti pannelli di quattro diverse dimensioni e per ciascuna dimensione sono state elaborate da due a sei varianti tipologiche per soddisfare le diverse esigenze di posizionamento delle aperture."

SEZIONE  
 LIVELLO TIPO

pannello in Grc

gancio predisposto  
 su pannello in Grc

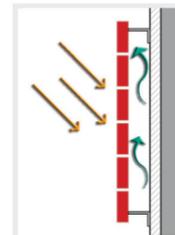
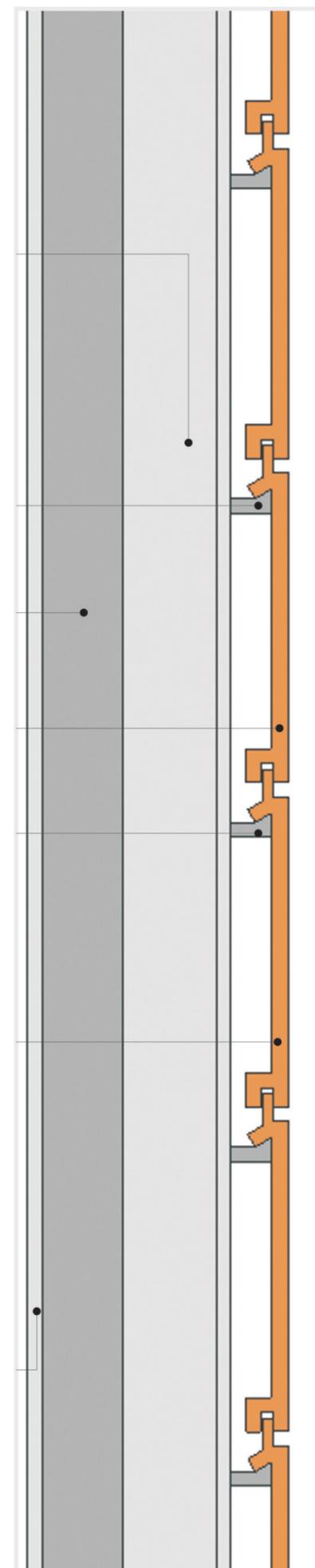
pannello isolante

lastra in laterizio

gancio predisposto  
 su pannello in Grc

lastra in laterizio

pannello  
 in cartongesso



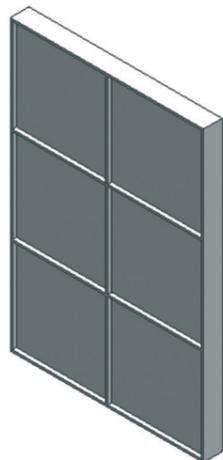
**PARETE MICROVENTILATA**

produttore cotto: Woestelandt  
 caso studio: Progetto per edifici residenziali in Rue de Meux  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects



Il pannello di tamponamento è in cemento rinforzato con fibre di vetro in modo da garantire spessori ridotti e leggerezza del modulo di tamponamento. Esso viene ancorato ai solai in c.a. dell'edificio; sulla faccia del pannello rivolta verso l'interno sono disposti l'isolante e un pannello in cartongesso, sul lato che guarda all'esterno sono montate le mattonelle in terra cotta posizionate all'interno dei moduli in cui è suddiviso il pannello.

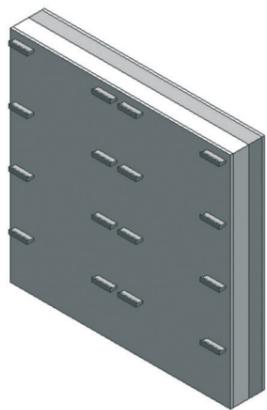
## 1.1 orditura principale



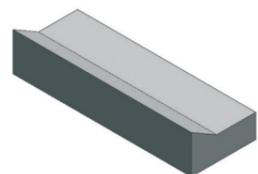
1.1 pannello in Grc

Il pannello tipo è costituito da cemento rinforzato in fibre di vetro e suddiviso in sei parti da due costolature orizzontali ed una verticale.

## 1.2 orditura secondaria



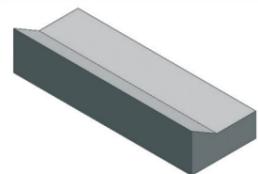
1.2.1 vista di una parte del pannello



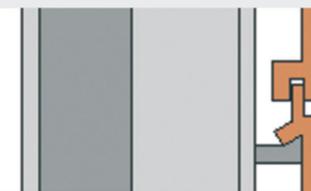
1.2.2 gancio predisposto su pannello in Grc

Il tamponamento è costituito da pannelli in Grc, la cui faccia rivolta verso l'interno comprende uno strato di materiale isolante e un pannello in cartongesso. Sul lato del pannello rivolto all'esterno sono predisposti dei ganci sui quali poggeranno i lati sagomati delle lastre in laterizio.

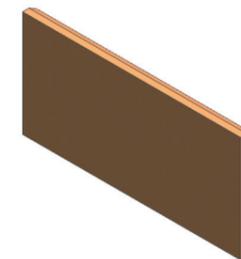
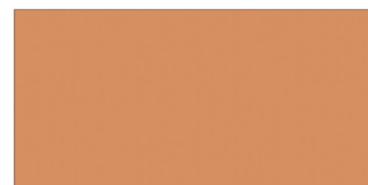
## 2.1 giunti di connessione e sostegno



2.1. gancio predisposto su pannello in Grc



## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 180 x 430 x 12 mm  
superficie liscia

### Caratteristiche generali:

materiale: laterizio trattato con idrorepellente a base siliconica

formatura: tavella trafilata, sagomata a maschio e femmina lungo i bordi orizzontali (lati di dimensione maggiore)

trattamento superficiale: la superficie della lastra presenta una finitura liscia

tipo di aggancio: nascosto, la sezione è sagomata alle estremità sì da permettere l'aggancio al pannello di Grc, inoltre la lastra è dotata di incastro maschio-femmina lungo i bordi superiore e inferiore al fine di garantire la giunzione con i laterizi adiacenti

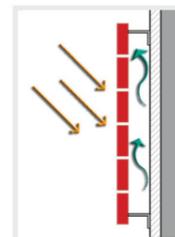
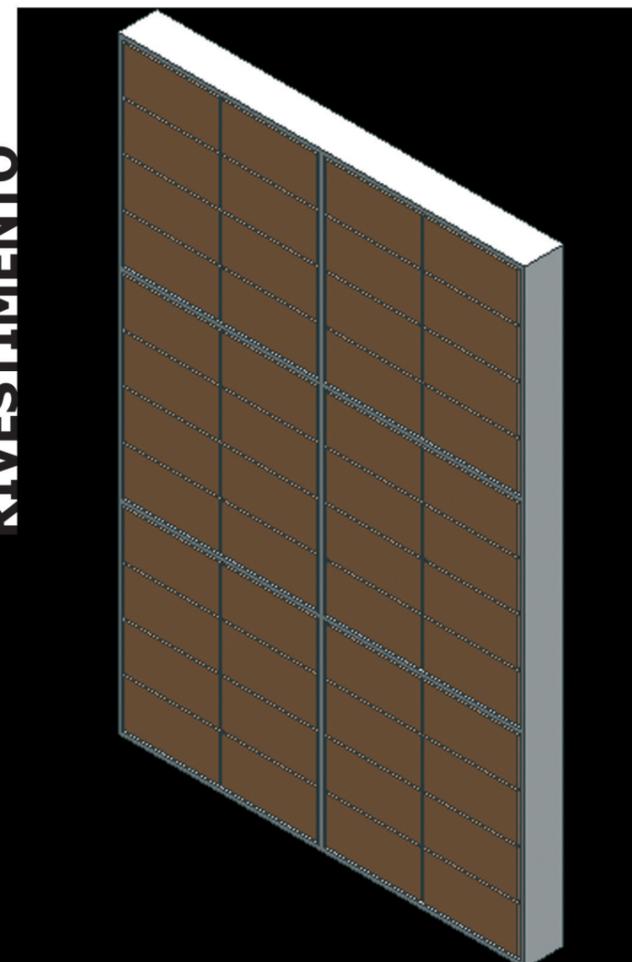
Caratteristiche dimensionali:

altezza: 180 mm larghezza: 430 mm spessore max: 12 mm

posa in opera: a secco su ganci predisposti nel pannello in Grc

Gli elementi in laterizio, prodotti appositamente dall'industria Woestelandt per questo edificio, presentano una geometria regolare (dimensioni: 43 x 18 x 1,2 cm) che garantisce la continuità verticale del paramento e la rapida rimozione di ogni singolo elemento. Le mattonelle presentano una sezione sagomata alle estremità in modo tale da consentire l'ancoraggio al pannello in Grc e la giunzione ad incastro maschio-femmina con i laterizi adiacenti (superiormente e inferiormente).

**RIVESTIMENTO**

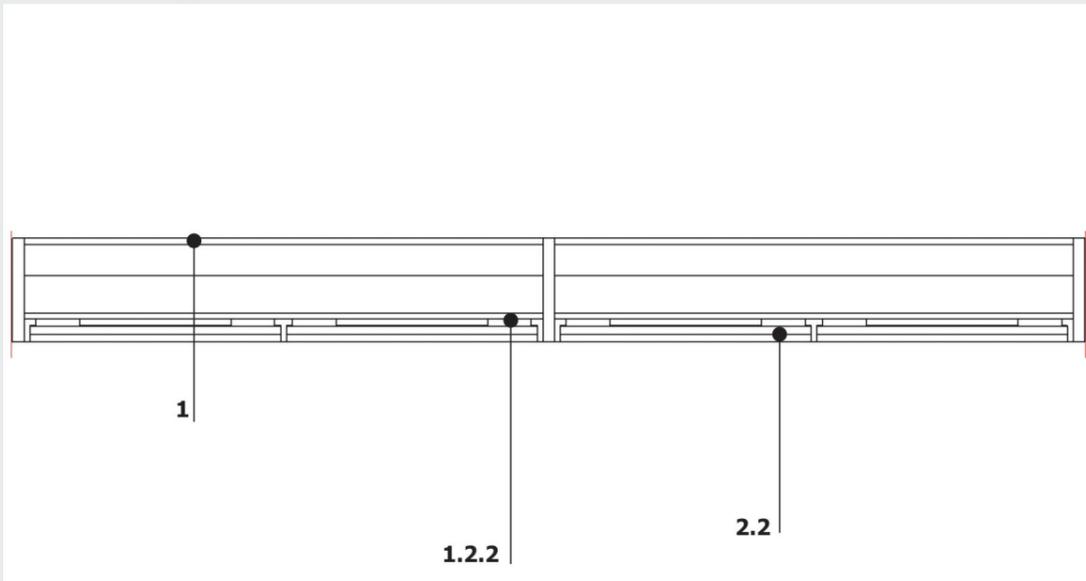


**PARETE MICROVENTILATA**

produttore cotto: Woestelandt  
caso studio: Progetto per edifici residenziali in Rue de Meaux  
progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects

# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

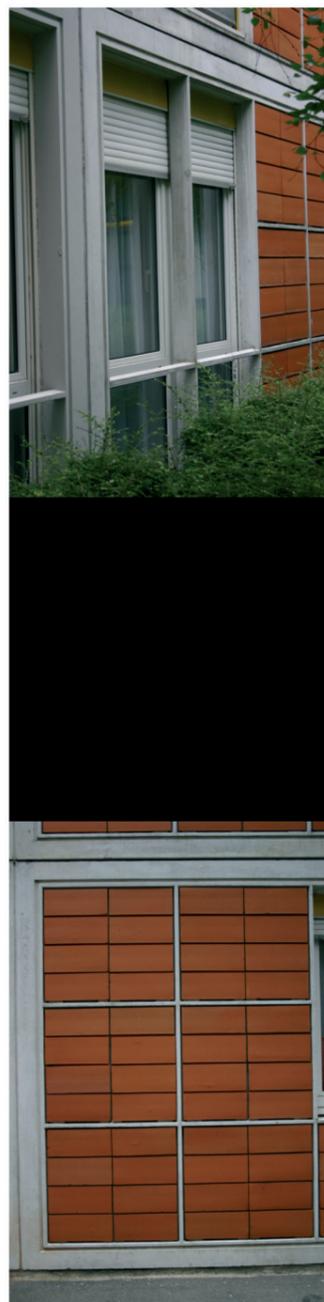
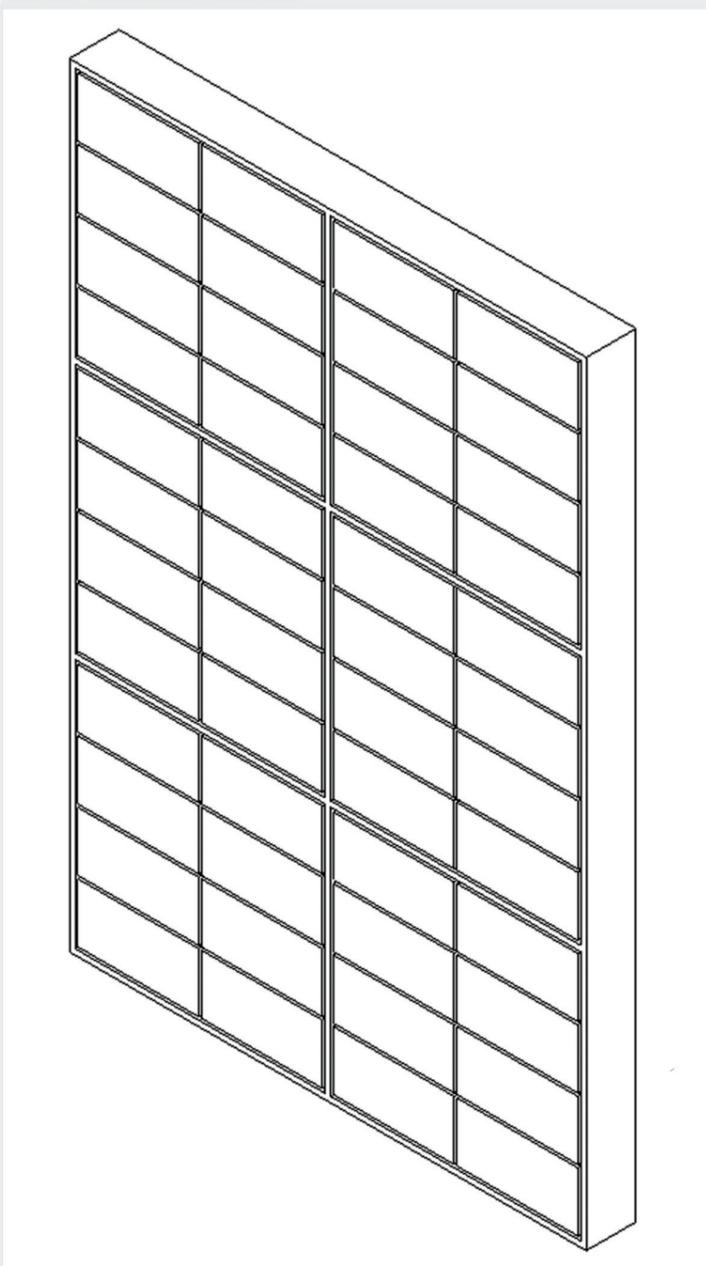
sezione longitudinale



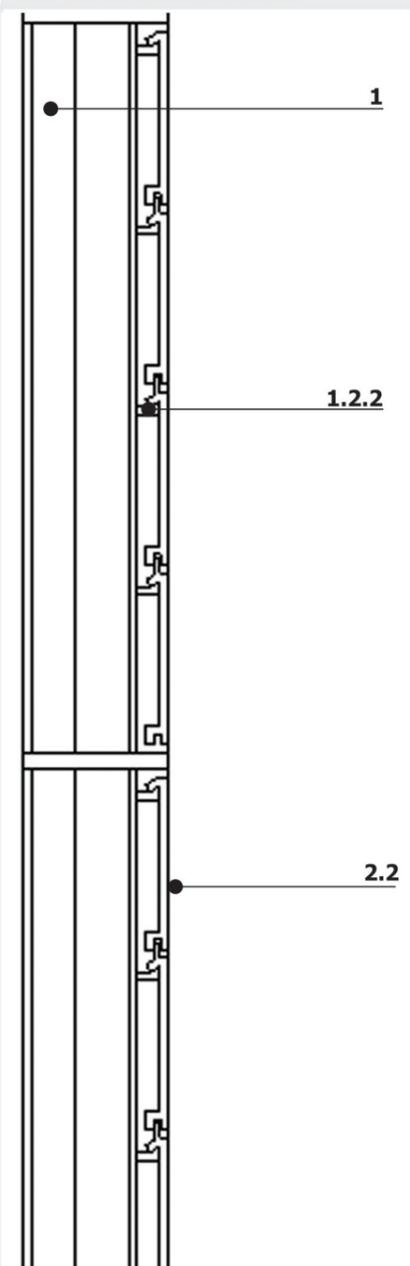
- 1.1 pannello in Grc
- 1.2.2 gancio su pannello
- 2.2 elemento in laterizio dim. 180x430x12mm



vista assonometrica



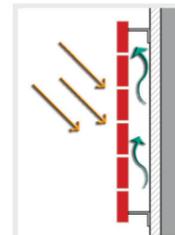
sezione trasversale



caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxhxb	mm	430x180x12
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	180x270
giunti	assorbimento d'acqua	%	
	tipologia di giunti orizzontali		
camino d'areazione	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	15
	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	--
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	--
	altezza massima camini	cm	--
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		no
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		no

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione

controllo planarità, orizzontalità, verticalità		buono
complessità strutturale del sistema		bassa
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		ottima
attitudine al montaggio		buona
sostituibilità		ottima
manutenibilità		buona
produzione di sfido in fase di montaggio		bassa
tempi di montaggio		medi



PARETE MICROVENTILATA

produttore cotto: Woestelandt  
 caso studio: Progetto per edifici residenziali in Rue de Meaux  
 progettista: Renzo Piano Building Workshop Architects

### 3.6 Premialità e criticità dei sistemi in produzione.

Al fine di rintracciare le configurazioni tipologiche ricorrenti e le relative criticità, sono stati effettuati dei confronti diretti fra i sistemi analizzati nel paragrafo 3.5 per valutarne il comportamento dal punto di vista termo-energetico e prestazionale.

Le considerazioni sintetiche sui sistemi analizzati, risultato dell'integrazione dei dati raccolti nella fase di analisi, consentono di individuare alcuni gruppi di dispositivi che, sebbene messi in opera in diverse condizioni e soprattutto per diversi fabbricati, presentano lo stesso tipo di premialità o le stesse insufficienze. In prima istanza si individuano quei fattori comuni a tutti i sistemi di facciata ventilata; essi riguardano principalmente i meccanismi o dispositivi per la chiusura dell'intercapedine nella stagione invernale, il controllo della condensazione interstiziale e il trattamento di impermeabilizzazione e protezione del cotto.

In primo luogo la completa **assenza di dispositivi per la chiusura e protezione dell'intercapedine** in tutti i sistemi analizzati consente di affermare che in nessun caso è stata realizzata la "camera buffer", essenziale nel controllo del fabbisogno energetico nella stagione invernale. In secondo luogo, il **controllo della condensazione interstiziale** si assume che sia verificata per ogni tipologia di facciata che garantisce la presenza d'aria ad interrompere la continuità fisica della muratura - la ventilata, la microventilata e la schermata -. In ultimo, il trattamento per l'impermeabilizzazione che da un lato altera le caratteristiche estetiche dei componenti in cotto o laterizio e dall'altro conforma gli stessi alle richieste funzional-prestazionali del sistema di parete. In assenza di tale trattamento, infatti, tutti gli impasti per cotto sono sottoposti al rischio di rottura, lesione o deformazione a seguito dell'assorbimento di percentuali d'acqua superiori a quelle previste dalla normativa<sup>36</sup>. Tale trattamento, in molti casi, altera alcune qualità estetiche e fisiche del cotto, sia perché restituisce un effetto leggermente 'patinato' alla superficie esterna della tavella, sia perché priva il materiale del "segno del tempo" ovvero delle

---

<sup>36</sup> Cfr. UNI EN 99

caratteristiche che esso assume a seguito della prolungata esposizione agli agenti atmosferici; inoltre, l'impregnante, sovrapponendo al cotto una 'pellicola' protettiva, riduce il livello di traspirazione naturale del materiale di partenza e peggiora lo scambio osmotico con l'aria esterna.

Dal confronto diretto delle caratteristiche dei sistemi analizzati si evince che la definizione di facciata ventilata è spesso impropria ed è attribuita a pareti dotate di intercapedini all'interno delle quali non si verificano effetti di circolazione dell'aria. I risultati di questi confronti sottolineano limiti e problemi dei sistemi di rivestimento ventilati e completano il quadro di riferimento sull'argomento.

Rispetto ai parametri fisici riportati in tabella è possibile affermare che il progetto per la **Banca Popolare di Lodi** del Renzo Piano Building Workshop rientra di diritto fra le facciate ventilate in cotto. Le dimensioni dei camini (profondità e larghezza del condotto) proporzionate sull'altezza di circa 18 m della facciata e le aperture alla base e in sommità dei camini, consentono un buon ricircolo d'aria e contribuiscono a creare le condizioni ottimali affinché nella stagione estiva, si inneschi l'effetto camino.

Sotto il profilo della classificazione delle facciate in funzione della ventilazione, il sistema progettato per la banca a Lodi può essere affiancato a quello prodotto dalla RDB per il **centro commerciale e residenziale a Zogno**. In entrambi i progetti, infatti, sono dimensionati correttamente la profondità dell'intercapedine che arriva fino a 20 cm e la predisposizione di un elemento di cornice in cima alle facciate (lamiera piegata di acciaio per la RDB e lastra di vetro a Lodi) che impedisce l'ingresso di acqua piovana o detriti all'interno dell'intercapedine.



*Fig. 3.6\_1*  
Cité Internazionale, Lione

Al contempo risultano assolutamente confrontabili i progetti delle facciate della **Cité Internationale di Lione** del RPBW, il progetto di Thomas Herzog per il **complesso residenziale di Linz** e gli **interventi di Teramo** - la cui fornitura del rivestimento è stata affidata alla Sannini s.p.a.-. La ridotta ampiezza dell'intercapedine (da 3,5 a circa 12 cm di profondità) e la continuità del paramento di rivestimento su tutta l'altezza dell'edificio per il quale non sono state previste bocche di ripresa ed emissione d'aria, inscrivono i

progetti citati fra le facciate microventilate. Per questi sistemi il contributo in termini di comfort interno è, quindi, garantito dalla protezione dell'insolazione diretta e dal passaggio d'aria che, pur non seguendo i principi dei moti convettivi, nella stagione estiva riduce la trasmissione di calore dall'esterno all'interno.

Singolare è invece il comportamento delle pareti esterne dell'ampliamento della sede dell'**IRCAM** a Parigi che ad una prima osservazione si potrebbero definire facciate ventilate - data le dimensioni dei camini e quelle dei giunti -. In realtà, si tratta di una parete "schermo" più che di un dispositivo ventilato; infatti, la tipologia di ancoraggio dei pannelli preassemblati all'edificio da un lato interrompe la continuità verticale del canale di ventilazione<sup>37</sup> e dall'altro distanzia il paramento di rivestimento dalla parete retrostante lasciando aperti i camini in corrispondenza degli spigoli del fabbricato. L'assoluta mancanza delle suddette prese d'aria e le turbolenze cui sono sottoposti i flussi d'aria, consentono di confermare la protezione del fabbricato dalla radiazione solare diretta ma negano la possibilità di una vera ventilazione.

La valutazione sul controllo della *planarità, verticalità e orizzontalità* è praticamente la stessa per tutti i sistemi analizzati. Fanno eccezione le facciate prodotte dalla ditta Moeding che sono soggette a leggeri spostamenti delle tavole legate all'esigenza di sostituibilità ovvero alla forma dei giunti orizzontali e in parte alla tolleranza fra tavole adiacenti. I sistemi che hanno mostrato il più alto livello di controllo sono quelli progettati per moduli preassemblati (cfr. i telai in ferro del progetto per **l'ampliamento della sede dell'Ircam** e i moduli di facciata degli **edifici residenziali e direzionali di Potsdamer Platz**) da ancorare direttamente alla parete di supporto in cantiere.

L'adozione di un sistema a moduli preassemblati consente non solo un migliore controllo della planarità, degli allineamenti - e in generale degli aspetti formali del prospetto - ma anche la semplificazione delle fasi di messa in opera. Ogni controllo è



Fig. 3.6\_2  
Ampliamento per la sede  
dell'IRCAM  
(Institut de Recherche et  
Coordination  
Acoustique/Musique)

---

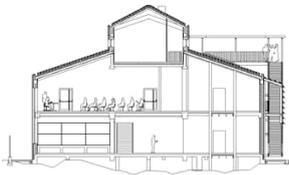
<sup>37</sup> I pannelli preassemblati sono ancorati ad un profilo a C in acciaio fissato alla muratura retrostante in posizione orizzontale che blocca il flusso ascendente d'aria.

eseguito durante la fase di assemblaggio in officina e il progetto accurato delle connessioni degli elementi in laterizio al pannello-sottostruttura assicura il corretto ed esatto assemblaggio di ogni pezzo, oltre ad abbattere drasticamente la produzione di sfrido.

Nel caso parigino la precisione degli allineamenti dei componenti è curata in officina e affidata alle barre verticali, bloccate al suddetto telaio in acciaio, alle quali sono fermati i pezzi in terracotta tramite distanziatori in neoprene infilati dal medesimo tondino e incastrati fra due tavelle consecutive.



*Fig. 3.6\_3*  
L'intervento per il Museo Archeologico del foro di Aquileia.



Il sistema proposto da Il Palagio per il **Museo Archeologico del Foro di Aquileia** (così come quello messo in opera a Lodi) prevede lunghi *tempi di assemblaggio in cantiere* e distribuisce i problemi di allineamento fra i diversi livelli della sottostruttura; le operazioni risultano quindi particolarmente complesse dal momento che gli elementi da assemblare sono numerosi (in particolare tutti i pezzi per il sostegno della tavella) e le operazioni di messa a piombo e verifica degli allineamenti sono il risultato di un elevato numero di registrazioni e continue verifiche.

Il tema dell'assemblaggio, montaggio, manutenzione e dismissione delle pareti ventilate è uno dei più delicati. Molti dei progetti analizzati prevedono dispositivi di facciata modulati sull'elemento in cotto assemblato direttamente in cantiere "uno ad uno"; ogni elemento del rivestimento è ancorato direttamente alla sottostruttura mediante connessioni appositamente progettate.

Si considerino a tal proposito le facciate assemblate dalla RDB per il centro commerciale a Zogno, dalla Terreal per la Cité Internationale a Lione.

Ad un primo sguardo essi si presentano come i sistemi più flessibili ed in grado di offrire le migliori prestazioni sia in termini di variabilità ovvero di manutenibilità, che in termini di risultato formale. In realtà tali sistemi garantiscono al prospetto una continuità del rivestimento e operazioni di trasporto e stoccaggio apparentemente più semplici ma comportano diversi problemi proprio in fase di montaggio e di manutenzione. Sia a Lione che a

Bergamo il numero di elementi da posizionare e assemblare è molto elevato, le operazioni lunghe e spesso complesse<sup>38</sup>.

Altro aspetto della complessità delle operazioni di manutenzione o sostituzione degli elementi deteriorati è rappresentato ancora una volta dal sistema adottato all'Ircam. La sostituzione di uno dei mattoni obbliga, infatti, a rimuovere l'intero pannello dalla facciata, sfilare tutti gli elementi dalle guide, per poi successivamente riposizionarli a sostituzione avvenuta. Fra le facciate di questo tipo il sistema che sembra adottare le più semplici regole di montaggio è quello adottato da RPBW a Rue de Meaux, Parigi; in questo caso alla semplicità dell'ancoraggio delle tavelle in laterizio al pannello in GRC fa riscontro un problema di sicurezza e durata della facciata stessa. Per la parete è stato, infatti, studiato un sistema a mensola cui sono sospese le tavelle (assicurate fra di loro tramite giunti labirintici) che non si è rivelato in grado di sopportare le sollecitazioni esterne e sostenere in maniera adeguata gli elementi del rivestimento. Le singole tavelle spesso si rompono o cadono e le frequenti sostituzioni di pochi elementi danneggiati non valgono la spesa dell'intervento; l'edificio sembra avere ad oggi un aspetto trascurato.

Oltre ai lunghi tempi di assemblaggio per ognuno di questi sistemi, al momento della fornitura, la ditta produttrice deve prevedere una percentuale di **sfrido** che in alcuni casi supera il 15%; in tale percentuale rientrano, ad esempio, i pezzi danneggiati in fase di montaggio della struttura, per motivi accidentali o per cause legate alla complessità delle operazioni. Tale diseconomia può essere superata adottando sistemi la cui struttura è organizzata per moduli preassemblati, finiti, come quello del progetto di **Potsdamer Platz** a Berlino per i cui edifici sono state progettate facciate continue complete di rivestimento in terracotta e camera di ventilazione. Apparentemente anche la messa in opera può sembrare più complessa, ma il trasporto del grande pannello di facciata a Potsdamer Platz a tutti gli effetti non rappresenta una diseconomia

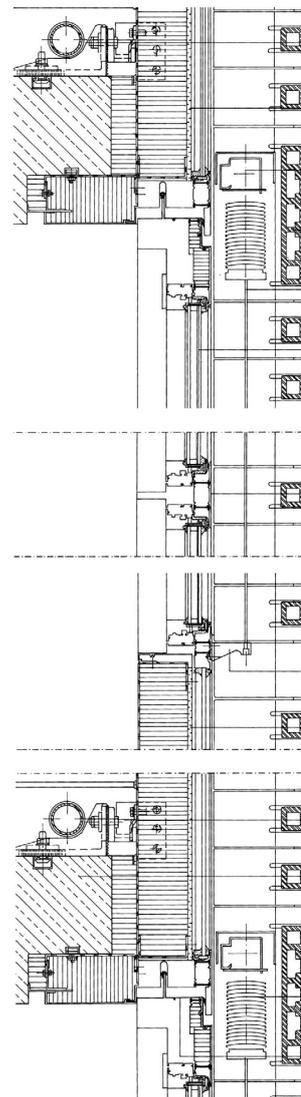


Fig. 3.6\_4  
Potsdamer Platz  
sezione tipo della facciata  
con rivestimento in cotto

<sup>38</sup> Basti pensare al montaggio delle tavelle della RDB del sistema *Prospecta 250*: una volta tracciata la dima e ancorati i montanti perfettamente a piombo, il montaggio avviene per file orizzontali dal basso verso l'alto; per ogni elemento, la cui posizione è vincolata alla tavella sottostante, sono due le staffe da regolare e fissare ai montanti della sottostruttura.

o un problema se confrontato con il risparmio di tempo e manodopera che il loro assemblaggio in cantiere consente.

Tutte le riflessioni condotte sui risultati di questa fase analitica hanno consentito di dedurre elementi utili per la redazione del progetto, oggetto dell'ultima parte della ricerca. Partendo dalle problematiche e dai punti deboli dei sistemi analizzati si propone un sistema di facciata ventilata che faccia propri i vantaggi e le premialità dei sistemi analizzati e abbia come obiettivo la risoluzione delle principali problematiche emerse.

### 3.7 *Cottodry*: caratteristiche e potenzialità di un nuovo materiale

La definizione degli elementi basilari del progetto che lentamente si sta delineando nel corso dell'analisi, passa a questo punto a definire le caratteristiche della materia prima dello strato esterno di rivestimento del dispositivo a ventilazione naturale: il cotto o, per esser più precisi, un cotto dalle prestazioni migliorate.

Una delle origini di questa ricerca è stata la volontà di testare nel settore dell'edilizia lo speciale cotto messo a punto dalla società Esmalglass Spa di Fisciano (Sa) specializzata nella produzione di premiscelati per l'industria ceramica - con la quale il Dipartimento di Progettazione Urbana dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" ha portato avanti un progetto di ricerca FAR.

Obiettivo principale del progetto "*Cottodry*"<sup>39</sup> è stato realizzare un impasto dalle caratteristiche tipicamente artigianali (anche per quanto concerne l'aspetto) ancora classificabile come cotto, che acquisisca le peculiarità di resistenza tecnologica espressa solitamente dai prodotti industriali, con un basso assorbimento di acqua e facendo (ove possibile) uso di fanghi di risulta del sistema di depurazione connesso alla linea di produzione degli smalti per ceramica.

---

<sup>39</sup> Il titolo esatto della ricerca *Cottodry* specifica le finalità del programma come segue: "Studio e realizzazione di un impasto per "Cotto" con caratteristiche artigianali, resistenza industriale e basso assorbimento d'acqua, realizzato anche con l'utilizzo dei fanghi di risulta dell'impianto di depurazione."

La ricerca si pone inoltre l'obiettivo di individuare un nuovo settore di possibile impiego di questo speciale cotto; esso è stato identificato nell'edilizia, e nello specifico proprio nel campo delle facciate esterne. Il bassissimo valore di assorbimento d'acqua (pari allo 0,2%) e la forte resistenza meccanica in sezione corrente, infatti, riducono notevolmente i rischi e i problemi legati a fenomeni di gelività e rottura normalmente riscontrati per sistemi di rivestimento in cotto.

Una volta superati i limiti e i problemi emersi nella produzione e lavorazione artigianale, la ricerca è riuscita a mettere a punto un impasto di argilla che dà origine ad elementi finiti in terracotta che rispettano le suddette caratteristiche pur mantenendo la connotazione dei tradizionali prodotti in cotto (la temperatura di cottura non deve superare i 1000 gradi)

L'impasto di argille su cui ha lavorato Esmalglass è preparato per resistere a due successivi stadi di cottura durante i quali si raggiungono progressivamente le temperature richieste che, grazie ad un attento dosaggio dei componenti e una precisa sequenza di operazioni<sup>40</sup>, conferiscono all'impasto le suddette caratteristiche e garantiscono al nuovo cotto prestazioni simili a quelle fornite dal gres.

Le possibili colorazioni vanno dal tipico rosso, al grigio antracite, fino al bianco, a seconda delle argille e della quantità e tipo di fanghi di risulta utilizzati.

Dall'esito delle osservazioni effettuate sulla composizione degli impasti, sulla successione delle operazioni di lavorazione,

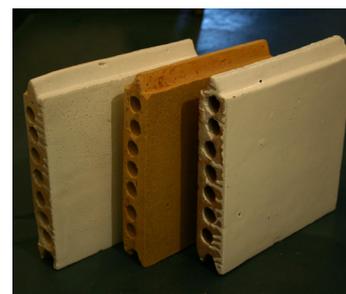


Fig. 3.7\_1  
Alcune tavelle prodotte con  
impasti *Cottodry*

<sup>40</sup> In sintesi dai dati raccolti risulta quanto segue:

I fondenti e i fanghi inseriti nell'impasto consentono di dividere in due momenti la cottura dell'elemento. Durante la cottura, la temperatura cresce per piccoli incrementi fino a raggiungere i 750° e successivamente fino ai 950° senza che si manifestino fenomeni di fessurazione o di sfaldatura dei pezzi. Un normale impasto artigianale di terracotta sottoposto a tali temperature, rilascerebbe tutta l'acqua (il proprio legante) e perderebbe coesione e resistenza, fino a rompersi. L'impasto in questione, invece, con l'aumentare della temperatura, entro i valori stabiliti, indurisce sempre più e si compatta fino a chiudere tutti i microfori, responsabili, nei prodotti argillosi, dell'assorbimento dell'acqua.

In sintesi durante la prima fase di lavorazione (cottura fino a 750°C) il semilavorato diventa rigido ma rimane parzialmente assorbente e quindi resta disponibile alla colorazione superficiale tramite smalti idonei. Durante la seconda fase, invece, (cottura fino a 950°C) il pezzo assume consistenza e vetrifica. L'eventuale smaltatura e la lavorazione delle superfici dei pezzi avviene nell'intervallo fra le due fasi di cottura. A fine cottura e dopo il completo raffreddamento-indurimento (anch'esso raggiunto con lenti decrementi della temperatura del forno), il prodotto conserva le caratteristiche estetiche del cotto tradizionale ma presenta valori di resistenza meccanica e di assorbimento d'acqua simili a quelli di un gres.

formatura e cottura, è stato rilevato che, affinché il pezzo non subisca stress o brusche variazioni che potrebbero causarne la fessurazione o deformazione, esso deve avere sezione costante e non troppo complessa, spessori compresi entro un minimo di 1 cm e un massimo di 3 cm, secondo la forma, e la lunghezza complessiva non superiore ai 60 cm.

Le proprietà di questo impasto verificano l'ipotesi iniziale e consentono di affermare che il nuovo cotto prodotto da Esmalglass risponde ai requisiti richiesti ai materiali di rivestimento per facciate ventilate; inoltre l'aspetto del cotto tradizionale artigianale di questo prodotto offre la possibilità di una connotazione formale ed estetica molto vicina a quelle della tradizione.

## 4. Ipotesi di un nuovo sistema di facciata ventilata in cotto

### 4.1 Definizione delle caratteristiche principali del nuovo sistema.

Le indicazioni fornite nei paragrafi precedenti definiscono i caratteri salienti del progetto di un nuovo sistema di facciata che punta a superare i limiti e le ‘diseconomie’ dei sistemi attualmente sul mercato.

Più esattamente l’insieme delle informazioni e delle deduzioni effettuate durante tutta la prima fase di ricerca ha definito il quadro esigenzial-prestazionale sulla base del quale è possibile lavorare ad una proposta di facciata ventilata.

Il nuovo sistema mira ad assimilare le innovazioni e le premialità dei sistemi analizzati e a configurarsi come soluzione per alcune delle problematiche emerse.

Nel progetto del sistema gioca, quindi, un ruolo di primo piano proprio il progetto delle operazioni di montaggio-assemblaggio e manutenzione di ogni singolo elemento. Sin dalla fase di ideazione è stata studiata una struttura a pannelli modulari dimensionati in modo da garantire manovrabilità in fase di trasporto, stoccaggio e assemblaggio in cantiere. Tali pannelli sono preassemblati secondo il paradigma della reversibilità che garantisce in caso di manutenzione (ordinaria quanto straordinaria) la sostituibilità di tutti gli elementi.

Il progetto prevede un dispositivo assemblato a secco distanziato dalla chiusura verticale che punti ad entrare nel novero delle facciate ventilate; al fine di garantire una buona prestazione in termini fisico-tecnici, la struttura è stata dimensionata sulle indicazioni definite nel paragrafo 3.2.

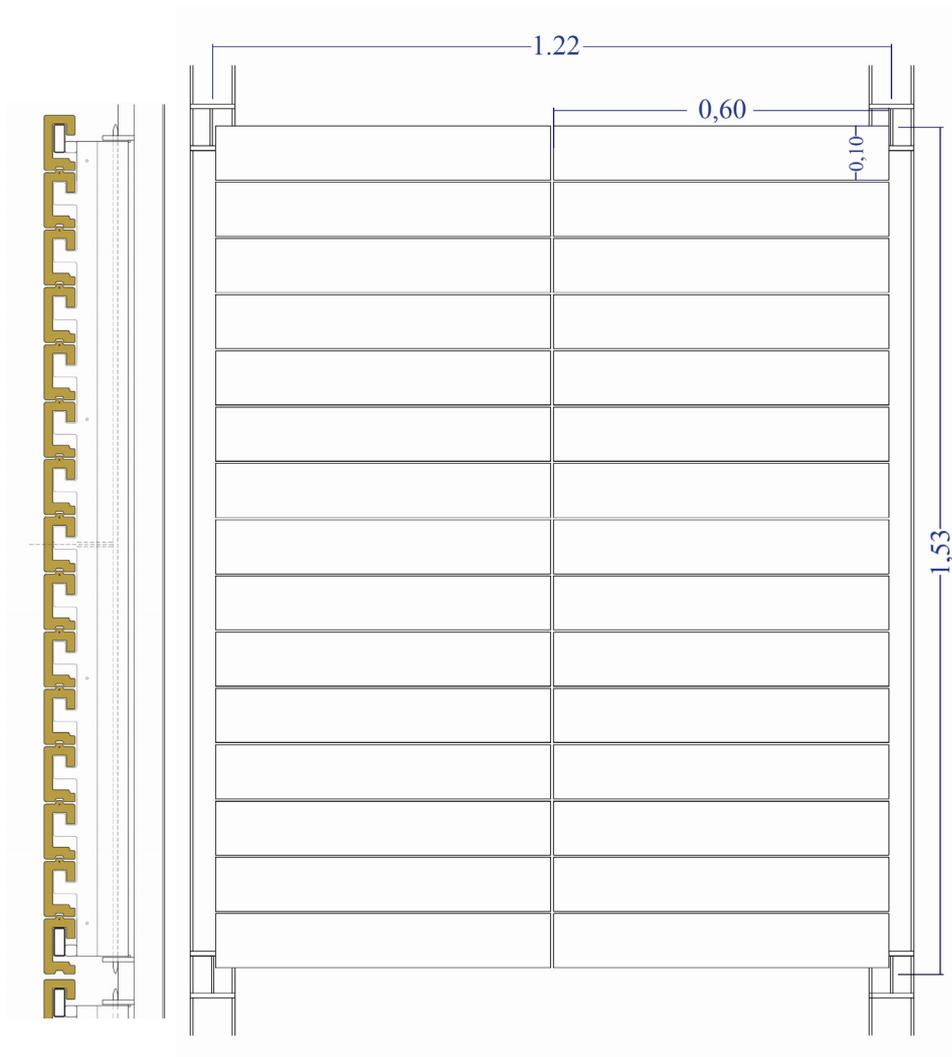
L’intera facciata è suddivisa in canali verticali di profondità pari a circa 16 cm e altezza non superiore ai 12 m. I camini ventilati sono liberi da ostacoli o ingombri e protetti alle estremità superiori ed inferiori da griglie o reti che impediscono ad insetti o piccoli oggetti di penetrare nei canali.

Il pannello tipo del sistema ha dimensioni pari a circa 120x150x15 cm ed è completamente preassemblato in officina (elementi di rivestimento compresi); esso è caratterizzato da un dispositivo di movimentazione e serraggio che consente, in qualsiasi momento, l'ispezione della camera d'aria e l'eventuale rimozione degli elementi di rivestimento.

La semplicità delle operazioni di assemblaggio e manutenzione della facciata è affidata alla possibilità di intervenire su ogni singolo pannello, senza alterarne le relazioni con le unità vicine, tramite un meccanismo che ne regola l'ancoraggio ai supporti predisposti sulla facciata retrostante. In caso di sostituzione di parti ammalorate o danneggiate o in caso di necessità d'ispezione della camera d'aria, il pannello viene sbloccato e allontanato dalla parete retrostante per eseguire le operazioni del caso.

Allineamenti e tolleranze fra gli elementi in terracotta sono controllati in officina su ogni singolo pannello, mentre alla fase di montaggio in cantiere sono demandate le operazioni di messa a piombo e planarità della superficie alla scala del modulo-pannello, anziché della singola unità di rivestimento come avviene per la maggior parte dei sistemi attualmente sul mercato. Il sistema di supporto cerca di salvaguardare le esigenze di semplicità di montaggio o sostituzione delle parti e l'integrità degli elementi ceramici; per ogni pannello è previsto un supporto comune a tutte le doghe allineate verticalmente, responsabile della posizione (le distanze fra i pezzi sono sempre uguali) e degli allineamenti delle stesse. Tutto il sistema è stato progettato con profili industriali standard riducendo al minimo le connessioni meccaniche da registrare e, nel complesso, le operazioni di assemblaggio da eseguire in cantiere.

Definito nelle sue linee generali il sistema è stato, infine, messo a punto nell'intento di ottimizzare la risposta anche in relazione agli altri parametri illustrati nei paragrafi precedenti.



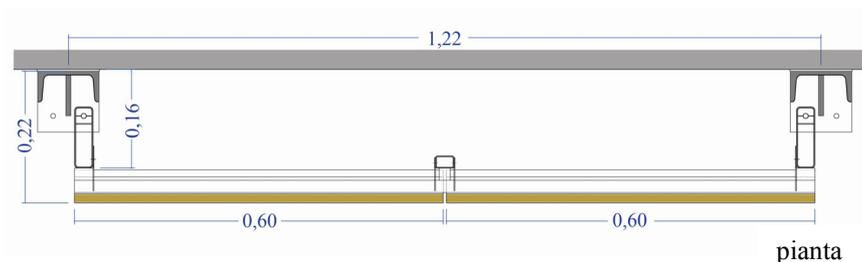
sezione  
verticale

prospetto

Fig. 4.1\_1  
Il modulo della parete  
verticale

Il prospetto della parete si compone sulla successione di un unico modulo di altezza di 153 cm (misura interasse fra le staffe di ancoraggio e variabile in di 10 cm in 10 cm) e larghezza massima di 122 cm.

Ogni modulo e i singoli elementi di rivestimento in terracotta possono essere rimossi con semplici operazioni.



pianta

*Fig. 4.1\_2*

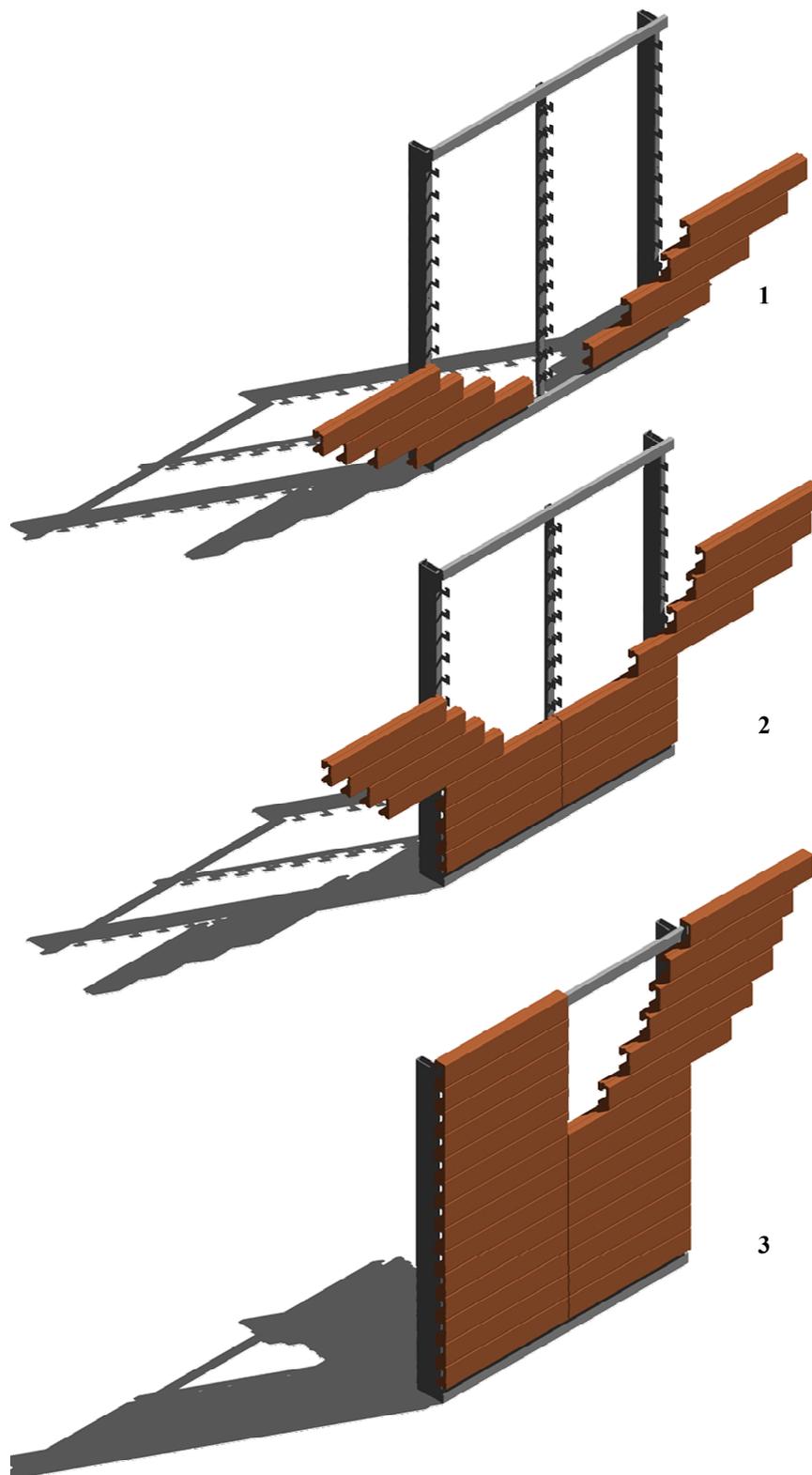
Tre fasi dell'assemblaggio del rivestimento.

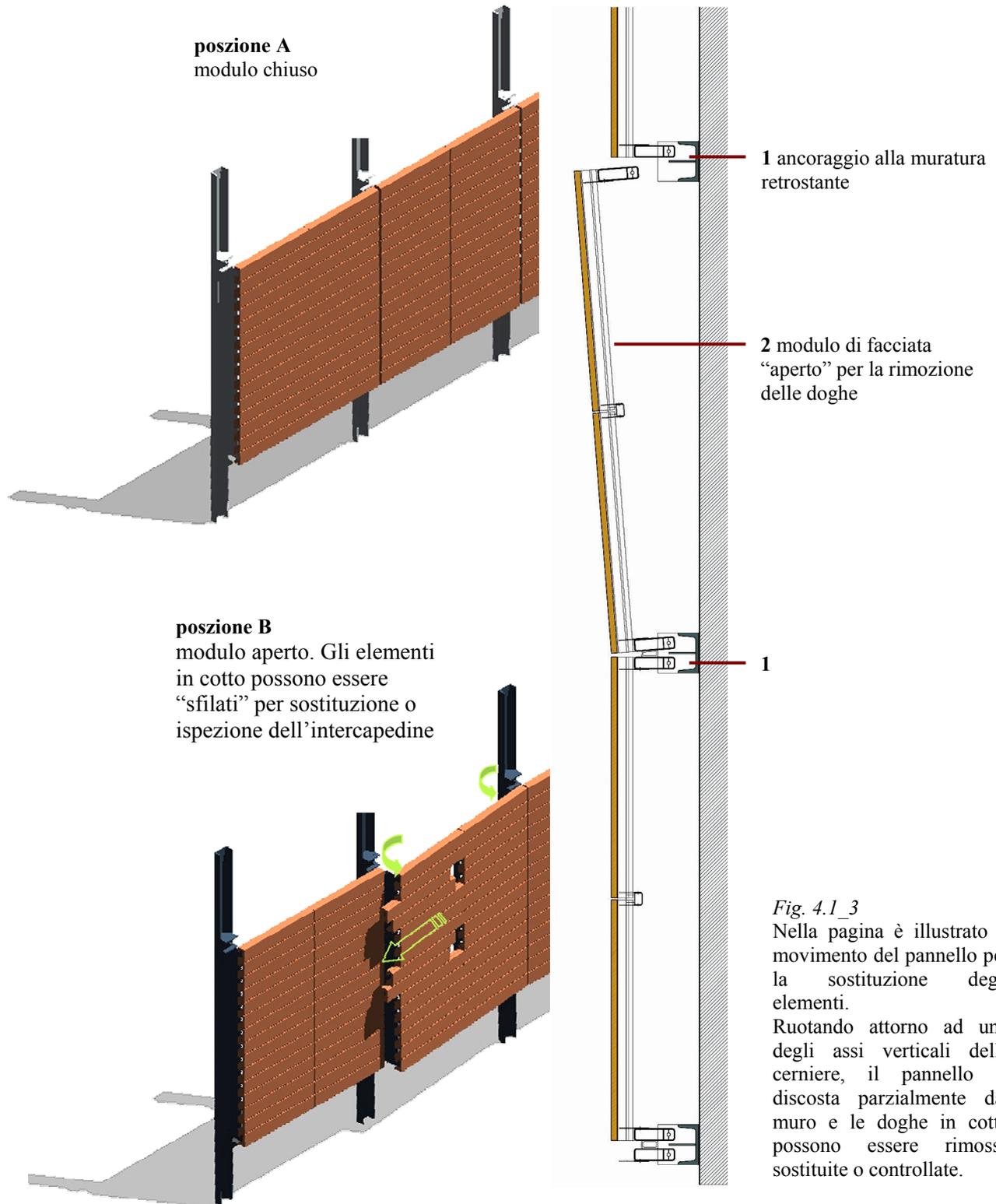
Le doghe in terracotta sono fissate alla sottostruttura in acciaio già in officina.

Con estrema semplicità possono essere appese o infilate in successione fino a completare il modulo di parete.

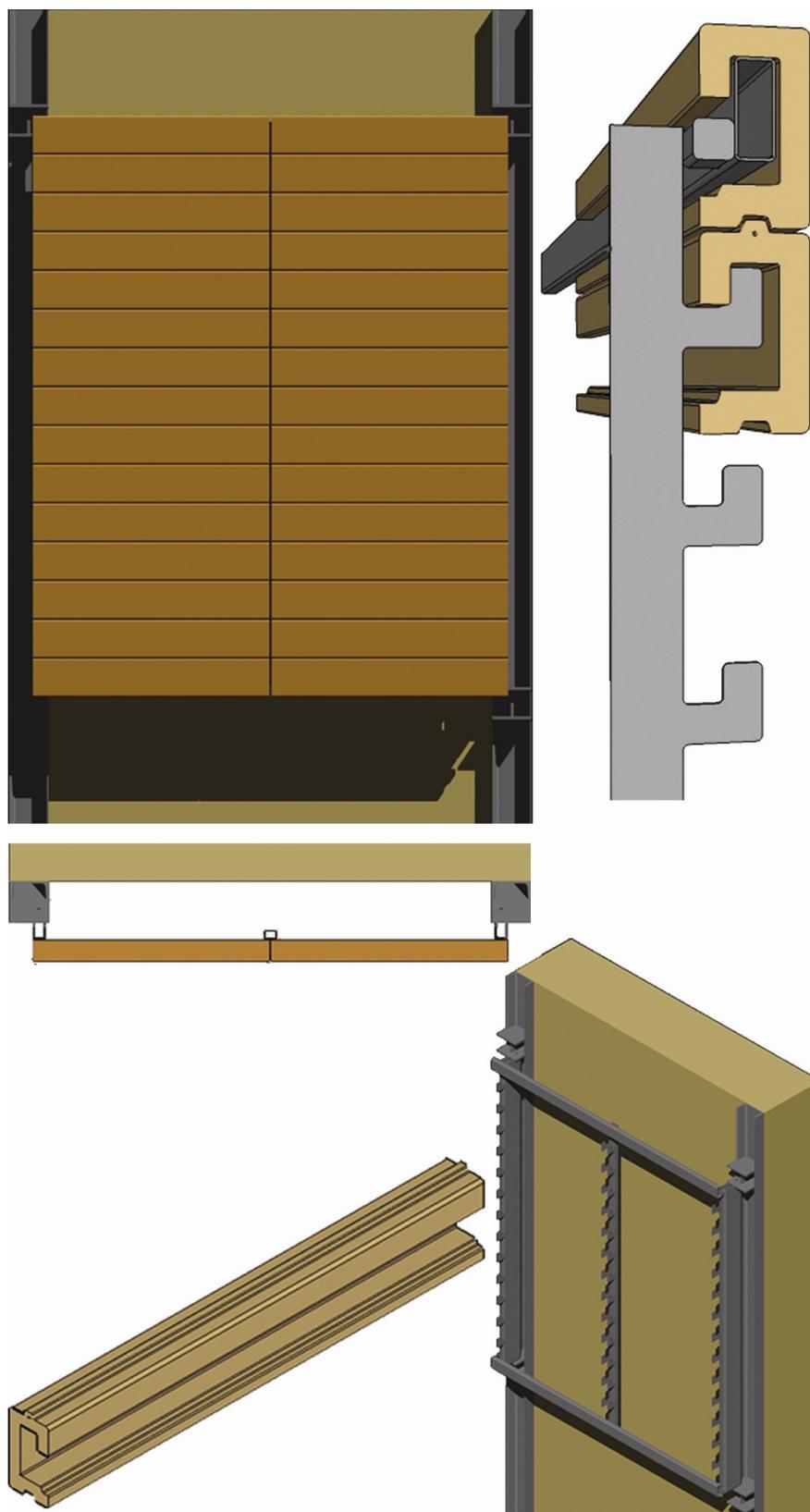
Ogni elemento in terracotta è indipendente dagli altri e può essere rimosso in qualsiasi momento senza intervenire sulle altre doghe.

Completato l'assemblaggio il modulo finito può essere trasportato in cantiere e installato su appositi supporti.





*Fig. 4.1\_3*  
Nella pagina è illustrato il movimento del pannello per la sostituzione degli elementi.  
Ruotando attorno ad uno degli assi verticali delle cerniere, il pannello si discosta parzialmente dal muro e le doghe in cotto possono essere rimosse sostituite o controllate.



*Fig. 4.1\_4*  
Alcune immagini dal  
modello tridimensionale  
del pannello tipo

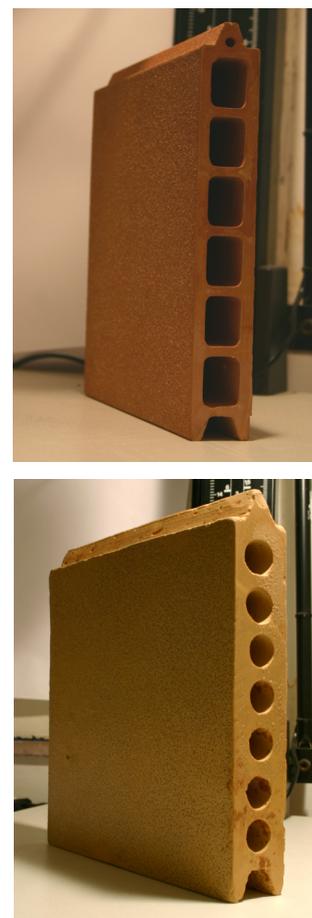
## 4.2 Il rivestimento:

### 4.2.1 Dimensionamento degli elementi in funzione dell'ottimizzazione della produzione e delle caratteristiche fisico-tecniche del nuovo materiale.

I risultati dell'indagine sulle prestazioni dell'impasto *Cottodry* consentono di definire i dati formali e dimensionali per gli elementi di progetto. Le soluzioni indagate sono state discusse insieme al produttore del cotto e valutate in funzione dei processi di lavorazione e produzione (sia in fase di preparazione dell'impasto, che di produzione degli elementi). L'impasto fornito da Esmalglass, ormai messo a punto in ogni sua caratteristica, è stato dato in consegna allo stabilimento *Cotto di Minturno* che si è occupato della produzione e prima essiccazione dei pezzi del prototipo e che, sulla base degli esecutivi di progetto elaborati, dopo aver realizzato gli stampi e le sagome per l'estrusione, ha prodotto i primi campioni. I primi pezzi di studio sono stati realizzati con tecniche tradizionali, certi del fatto che i risultati testati su elementi lavorati a mano sono comunque compatibili con quelli ricavati dallo studio di elementi realizzati con tecniche meccaniche.

Nel corso della ricerca sono stati realizzati i campioni di diversi tipi di elementi in cotto, uno dei quali secondo il dimensionamento e l'interfaccia con la struttura di uno dei competitors presenti sulla scena delle facciate ventilate in cotto (*cfr. fig. 4.2.1\_1*).

Le esperienze di lavorazione e produzione degli elementi hanno fornito una banca dati essenziale per il progetto definitivo ed esecutivo delle unità di rivestimento da utilizzare. Durante la fase di essiccazione dei primi prototipi, per esempio, è stato testato un ritiro molto forte degli elementi formati (pari quasi al 8%) per ridurre il quale in tutte le prove e le sperimentazioni a seguire sono stati concentrati la maggior parte degli sforzi. Lavorando sui componenti degli impasti e riducendo le percentuali di acqua tale valore è stato ricondotto entro valori assolutamente ammissibili.



*Fig.4.2.1\_1*  
Il primo elemento prodotto con l'impasto *Cottodry* a confronto con la tavella della RDB.



Fig.4.2.1\_3

Le tavole smaltate Cottodry montate su un campione della sottostruttura della RDB.

Nel progetto di forma e sezione degli elementi oltre ai valori di ritiro minimo, si è tenuto conto delle deformazioni che il pezzo può subire in fase di estrusione, essiccazione e cottura. La lunghezza massima raggiunta fino a questo momento è assolutamente confrontabile con le massime offerte dai competitors che utilizzano impasti di argilla non additivati o alterati, ed è pari a 60 cm di lunghezza con spessore costante contenuto entro i 10-20 mm.

Infine, tempi di cottura molto lunghi e stress subiti dall'impasto in fase di lavorazione hanno imposto, in fase di redazione degli esecutivi, limiti di forma (la sezione deve risultare "aperta") e l'adozione di spessori in sezione costanti e ridotti.

Allo stato attuale sono ancora in corso alcune verifiche relative alle procedure di estrusione dei pezzi, partendo però dal presupposto che la verifica esatta è vincolata alla realizzazione della filiera produttiva e all'acquisto o realizzazione dei macchinari necessari.

#### 4.2.2 Progetto delle sezioni tipo.

La definizione della sezione tipo dell'elemento in cotto è il risultato di un articolato processo di valutazione e messa a punto degli esiti delle prime due ipotesi di studio per unità in cotto delle quali sono state attentamente valutate le problematiche e le criticità.

Il progetto definitivo del sistema di rivestimento prefigura doghe in terracotta, a sezione e spessori costanti, estrusi, al fine di abbattere i costi ed i tempi di produzione. La sezione regolare a spessore costante pari a 15 mm, è studiata in funzione del tipo di supporto cui viene ancorata, e i dati dimensionali che la definiscono sono: altezza 10,5 cm, larghezza di 5,5 cm, lunghezza 60 cm. La forma della sezione delle doghe ricorda vagamente una C ed è studiata sulle esigenze di lavorazione e sui requisiti di sostituibilità e rapidità di montaggio. La cavità longitudinale degli elementi in supporto in modo da favorire i movimenti necessari in fase di ancoraggio al supporto.

Ogni pannello ospita 20 doghe, disposte su due file verticali e "sospese" al supporto metallico; esse sono sagomate sui lati superiore e inferiore affinché le doghe adiacenti siano incastrate le

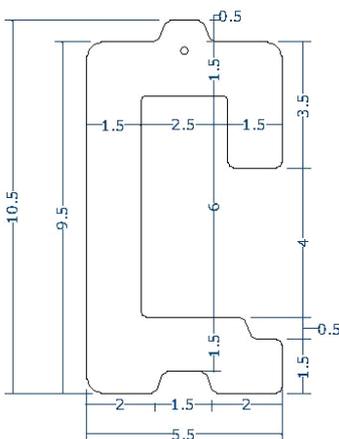


Fig.4.2.2\_1

Sezione dell'elemento tipo di rivestimento. Le quote sono espresse in cm.

une con le altre. Come già precedentemente anticipato, il montaggio delle doghe in terracotta avviene in officina dove sono controllate tolleranze ed allineamenti. In sede di sostituzione o manutenzione la particolare sagoma consente di “sfilare” le doghe una ad una, senza spostare o intervenire su quelle adiacenti.

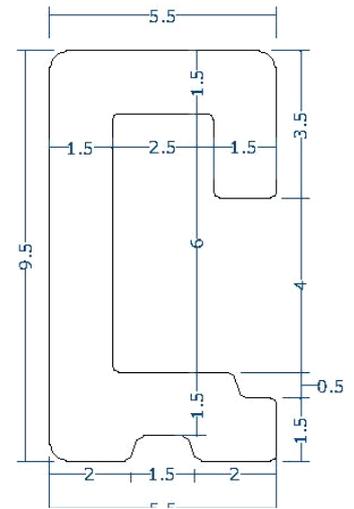
L’intero sistema, puntando ad una semplificazione e standardizzazione del processo di produzione dei pezzi, prevede quindi una sola sezione di terracotta con l’unica eccezione per i primi due elementi sull’estremità superiore di ogni pannello. La sezione degli elementi in sommità, infatti, differisce da quella tipo per l’assenza della maschiatura longitudinale che permette un minimo di tolleranza fra due pannelli consecutivi.

La facciata così assemblata, caratterizzata dalla continuità del paramento e dall’omogeneità di materiale, presenta una trama definita da una partitura orizzontale che disegna sul prospetto leggere linee d’ombra distanti 10 cm l’una dall’altra – giunti orizzontali di 5 mm fra le doghe - e una scansione verticale ad un passo di 60 cm.

#### 4.3 La struttura di supporto:

Per la struttura di supporto del rivestimento è stato adottato un sistema di telai in acciaio mobili preassemblati e da montare in cantiere con semplici operazioni. Il telaio, che riunisce in sé le funzioni proprie dell’orditura principale e secondaria della sottostruttura, ha dimensioni assegnate per ciò che riguarda larghezza e profondità (120x10) mentre l’altezza varia a partire da 150 cm a scatti modulari di 10 cm.

Il telaio è composto di due montanti - posti alle estremità laterali - che rappresentano l’orditura principale e ospitano al loro interno il meccanismo destinato alla “chiusura” del modulo-pannello; alle estremità superiore ed inferiore dei montanti sono saldati due traversi scatolari che appartengono all’orditura secondaria ed hanno il compito di ‘chiudere’ il telaio e di sostenere la prima e l’ultima doga. Il telaio è inoltre irrigidito da un terzo montante che, saldato nella mezzeria dei profili orizzontali, spezza la luce e sostiene i nodi di connessione con il rivestimento esterno, consentendo di



*Fig.6.2.2\_6*  
Progetto definitivo:  
sezione del primo elemento  
di rivestimento di ogni  
pannello.  
Le quote sono espresse in  
cm.

montare sul pannello due file di elementi in cotto di una lunghezza di 60 cm. Il telaio è ancorato alla parete retrostante tramite quattro staffe; la distanza fra il paramento di chiusura del fabbricato e il filo interno della parete di rivestimento in cotto è pari a circa 20 cm.

#### 4.3.1 Dimensionamento degli elementi della sottostruttura in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche fisico-tecniche del rivestimento.

Gli elementi che compongono la struttura intelaiata adottata per il sottosistema portante, sono i seguenti:

1.1\_ profilati ad U montanti di distribuzione dei carichi e di ancoraggio della facciata; dimensioni 100x50 mm e lunghezza dimensionata sull'altezza del camino.

1.2\_ montanti, scatolari in acciaio 100x30x2 mm e lunghezza di 1440 mm, dimensionati sulla campata del pannello ovvero sul modulo rintracciabile rispetto alle proporzioni e alle caratteristiche della facciata e sul meccanismo di apertura del telaio che deve ospitare al suo interno.

1.3.1\_ elemento di collegamento fra l'orditura principale e la secondaria a sua volta costituito da un segmento di scatolare in acciaio 20x20x1.5 mm, lunghezza 30 mm.

1.3.2\_ orditura secondaria costituita da traversi in acciaio 50x20x1.5 mm e lunghezza di 1210 mm. I due scatolari, saldati alle estremità dei montanti tramite l'elemento di collegamento di cui al punto 1.3.1, completano il telaio e sostengono la prima e l'ultima doga in cotto.

1.4\_ montante saldato in mezzeria del telaio ai due profili orizzontali della struttura secondaria per irrigidire la struttura e supportare la lamiera sagomata di sostegno delle doghe in cotto. Le dimensioni dello scatolare, 30x20x1.5 mm e lunghezza 1340 mm, sono ridotte rispetto a quelle dei due montanti laterali per evitare di frazionare il camino verticale e per il diverso ruolo che esso riveste nella struttura del pannello.

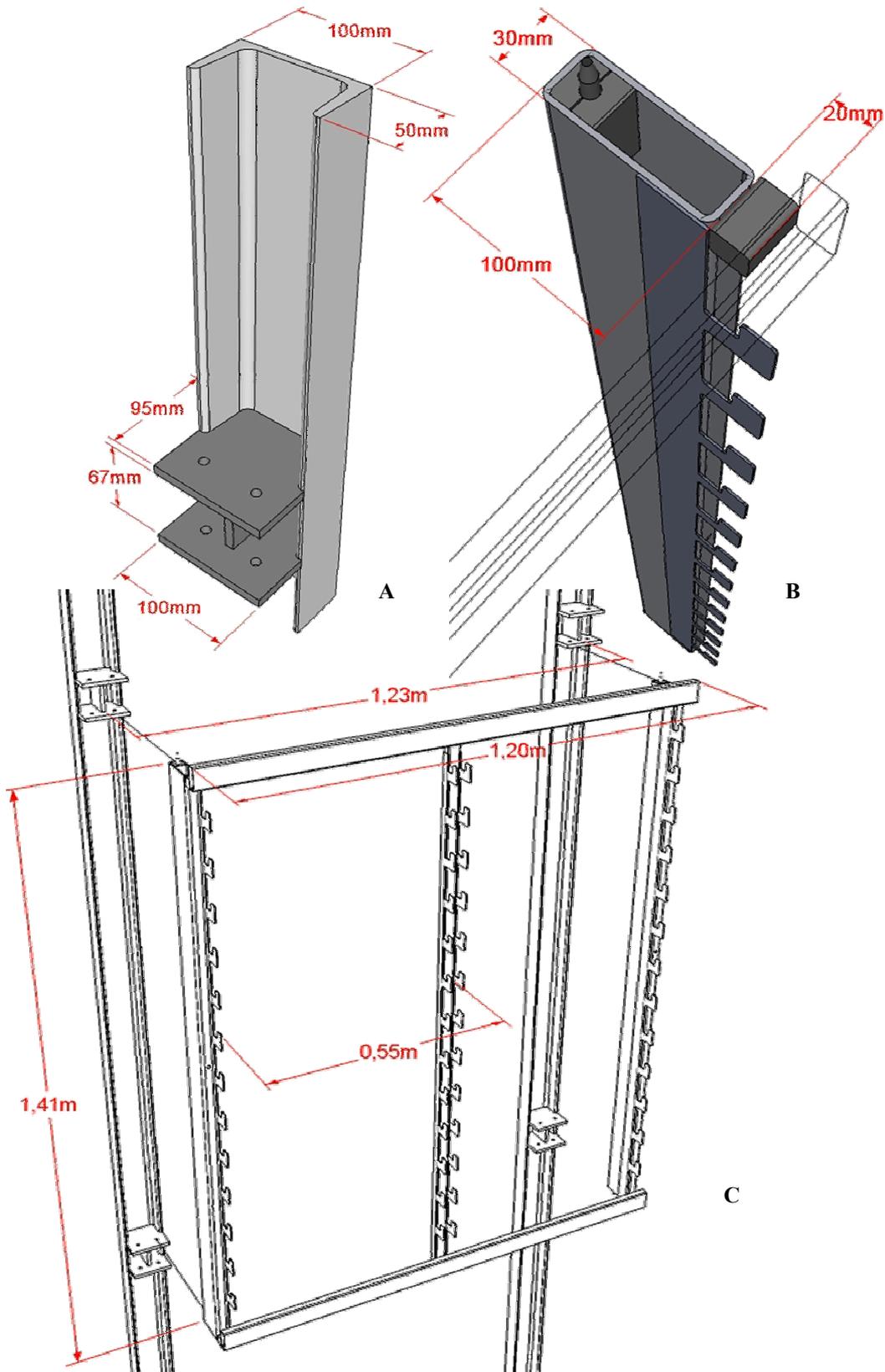
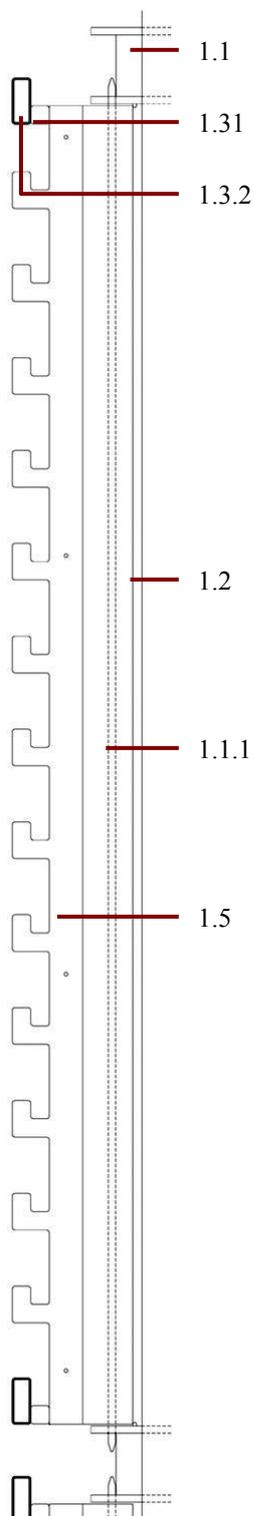


Fig.6.3.1\_1

Carpenteria metallica

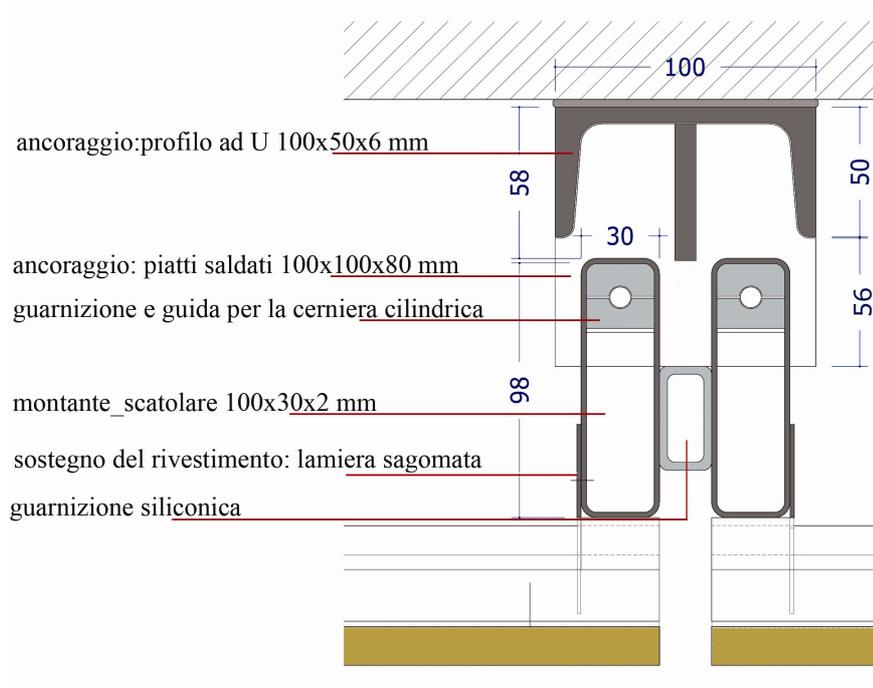
**A:** ancoraggio alla muratura  
**B:** montante destro del pannello con cerniera cilindrica, lamiera di supporto, distanziatore e proiezione del traverso dell'orditura secondaria.

**C:** vista generale della struttura del modulo e dei punti di ancoraggio al muro.



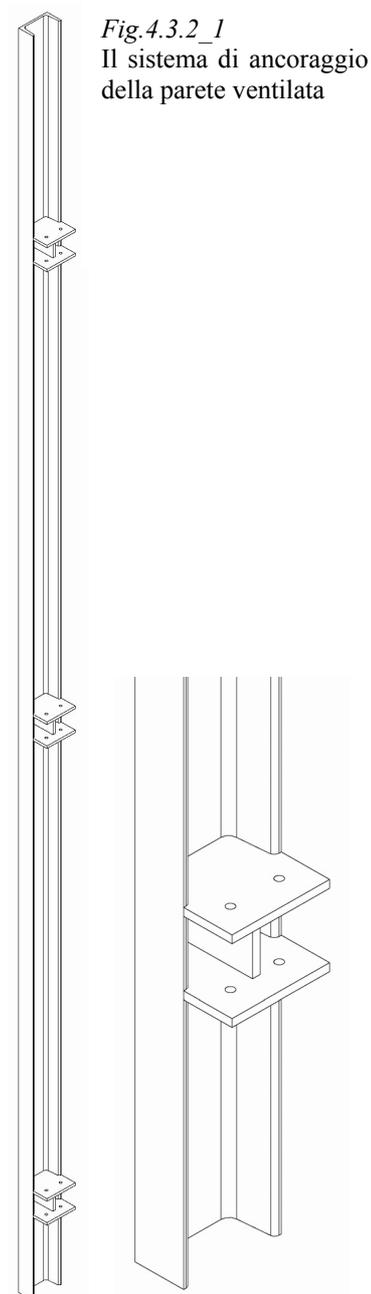
legenda:

- 1.1 ancoraggio
- 1.1.1 cerniera
- 1.2 montante: scatolare acciaio 100x30x2 mm; l = 144 cm
- 1.3.1 scatolare in acciaio di collegamento fra orditura principale e secondaria 20x20x1,5 mm; l = 3 cm
- 1.3.2 orditura secondaria: scatolare in acciaio 50x20x1,5 mm; l = 121 cm
- 1.4 montante di irrigidimento scatolare in acciaio inox 30x20x1,5 mm; l = 134 cm
- 1.5 supporto al rivestimento: lamiera di acciaio zincata e sagomata per sostenere i listelli in cotto (rivettata ai montanti) spessore 2 mm.



#### 4.3.2 Progettazione dei nodi di ancoraggio degli elementi di supporto della sottostruttura all'edificio.

L'interfaccia fra la struttura e la muratura retrostante è uno dei primi nodi critici che si presentano in fase di progettazione. In un primo momento è stato ipotizzato un sistema di ancoraggi puntuali nei quattro estremi del telaio rigido per seguire meglio le eventuali irregolarità della facciata e controllare le tolleranze esclusivamente sui quattro angoli. In fase di sperimentazione però questa scelta si è rivelata non affidabile e parte del progetto del sistema di ancoraggio è stato rivisto. Sulla muratura retrostante è, quindi, previsto un "controtelaio", ovvero montanti che collegano lungo l'asse verticale i quattro vertici dei pannelli e distribuiscono i carichi della facciata su una superficie maggiore. Gli elementi utilizzati a tal fine sono profilati UPN a U di dimensione 100x50 mm in acciaio della lunghezza massima pari a circa 12 m ovvero alla massima altezza di un camino. Ai profili sono saldate quattro coppie di staffe "a mensola" costituite da due piatti di dimensioni 100x100x10 mm saldati perpendicolarmente alle C fissate alla muratura. Gli ancoraggi presentano due fori sui piatti orizzontali nei quali trovano alloggio i tondini del dispositivo di apertura. Le staffe sostengono il peso dell'intero pannello e giocano un ruolo fondamentale anche nella movimentazione dello stesso. Il pannello è a tutti gli effetti sospeso alle staffe superiori e appoggiato su quelle inferiori; nei fori dei piatti su cui poggia il telaio sono stati alloggiati cuscinetti a sfera per agevolare la rotazione e ridurre i carichi dinamici che entrano in gioco durante la movimentazione. Il montante, già completo di staffe, è fissato alle pareti perimetrali cui la facciata si appoggia con dei tasselli a pressione meccanici o chimici posti in opera in fori asolati. Una volta agganciati al supporto murario e messi a piombo, i profilati predispongono l'edificio a ricevere i moduli della parete ventilata completi del rivestimento in cotto. Eventuali irregolarità o problemi di fuori-piombo delle superfici possono essere risolti mediante le regolazioni previste sui montanti e sulle staffe.



*Fig.4.3.2\_1*  
Il sistema di ancoraggio della parete ventilata

### 4.3.3 Progettazione dei nodi interni al sistema di supporto e dei giunti tra struttura e rivestimento.

Il dispositivo presenta due nodi interni alla sottostruttura cui sono affidate, in un caso la soluzione del problema del montaggio e della movimentazione del pannello, nel secondo quella dell'aggancio delle unità di rivestimento alla sottostruttura.

Per coniugare le prime due questioni è stato progettato un dispositivo a cerniera verticale cui è attribuito il compito di fissare il pannello alle staffe e di sbloccarlo in caso di manutenzione o sostituzione di parti. In questo modo si punta a realizzare un sistema da manovrare con semplici operazioni, utilizzando logiche e tecnologie trasferite dal settore degli infissi.

Il "congegno" funziona, infatti, come una sorta di serratura-deviatore che, tramite un chiavino rettangolare o esagonale, muove, lungo l'asse verticale, due tondini di acciaio di diametro di 14 mm. Ognuno dei due montanti del telaio ospita un foro per la serratura e un dispositivo-cerniera; in fase di montaggio, attivando il dispositivo la barra infila i fori predisposti sulle piastre degli ancoraggi e assicura il telaio nella posizione di chiusura ovvero parallelamente alla facciata e a filo con i pannelli adiacenti. Una leggera svasatura del foro e un elemento di 'fine corsa' fissato ai montanti di irrigidimento dell'ancoraggio semplificano l'operazione e consentono al telaio di raggiungere la posizione migliore per l'ancoraggio.

Viceversa in caso di intervento di manutenzione la stessa chiave sblocca il dispositivo lungo una delle due verticali e lascia il pannello libero di ruotare attorno all'asse verticale opposto; la rotazione, anche di pochi gradi, consente di sfilare i dieci elementi di rivestimento che compongono la verticale e di accedere al camino di ventilazione definito in quel tratto dal telaio.

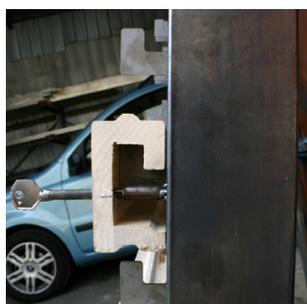
Il secondo nodo riguarda invece il collegamento degli elementi del rivestimento alla sottostruttura.

In primo luogo, perché siano rispettati gli allineamenti e le tolleranze fra elementi adiacenti, la disposizione dei sostegni delle doghe deve essere esatta; inoltre per rendere più semplice il

*Fig.4.3.3\_1*

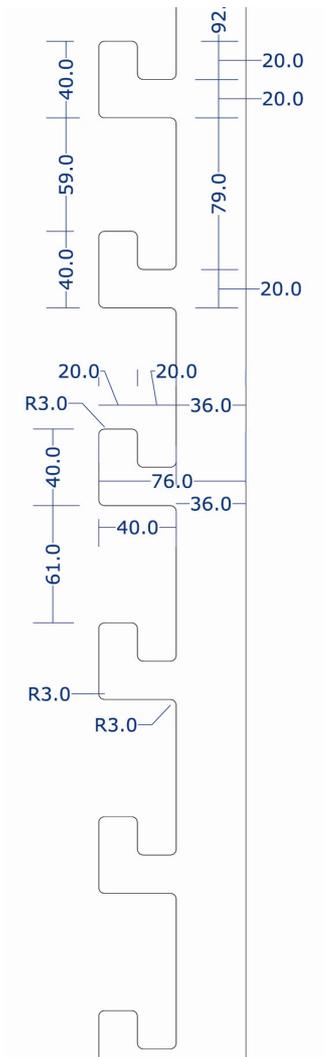
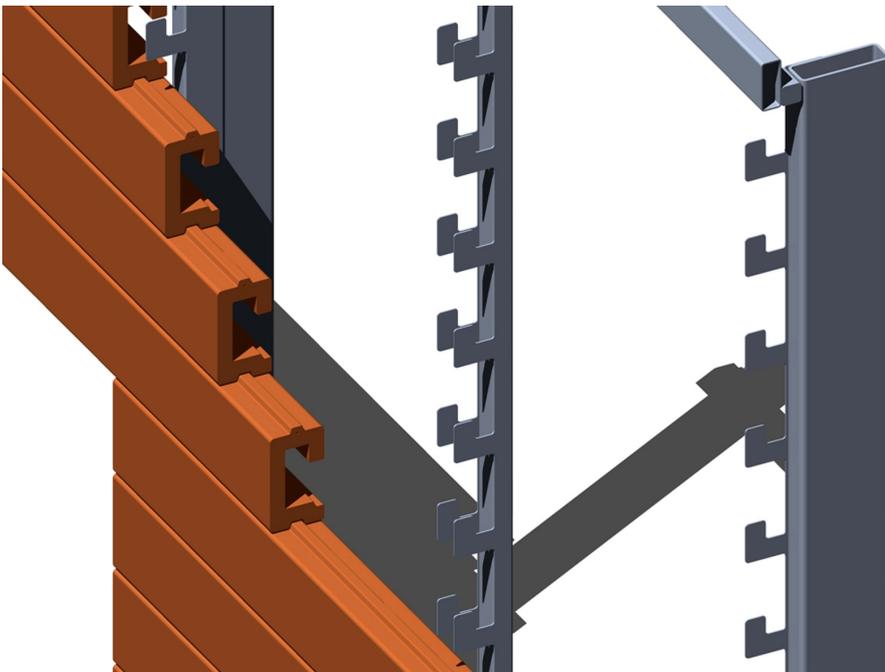
Prototipo.

Immagini delle operazioni di "apertura" del pannello per manutenzione: la chiave è stata sostituita da semplice chiavino



sistema, è stato progettato un unico elemento di sostegno e connessione per tutte le doghe del pannello. Queste, infatti, sono sorrette da quattro lamiera zincate di dimensioni 1440x76 mm per uno spessore di 2 mm, sagomate secondo una successione di “uncini” lungo uno dei due lati. Le lamiere sono rivettate direttamente alle facce interne dei montanti del telaio e allo scatolare d’irrigidimento di mezzeria.

I quattro supporti allineati costituiscono così, da un lato il sostegno per le doghe in fase di assemblaggio in officina, dall’altro la guida per sostituire le medesime in fase di manutenzione, a dispositivo montato in opera. Durante l’assemblaggio, le doghe sono agganciate nel più semplice dei modi possibili - ognuna appesa ai due ‘uncini’ che si vengono a trovare quasi alle estremità del pezzo-, procedendo dal basso verso l’alto; durante le operazioni di manutenzione, invece, un qualsiasi elemento del pannello può essere sfilato dalle ‘guide’, senza dover spostare le doghe adiacenti. Per ridurre il possibile attrito durante la sostituzione, il giunto orizzontale fra gli elementi in cotto è stato portato a 5 mm.



*Fig.4.3.3 2*  
Illustrazione del supporto degli elementi in cotto.

#### 4.3.4 Progettazione delle soluzioni speciali di coronamento, attacco a terra e terminali d'angolo del sistema.

A corredare il progetto sono state previste e disegnate alcune soluzioni di nodi particolari che influenzano le dinamiche di ventilazione e l'assemblaggio del sistema.

L'attivarsi della ventilazione naturale all'interno dell'intercapedine è uno dei parametri ai quali è affidato il contributo al comfort ambientale interno all'edificio; d'altro canto è altresì vero che nella stagione fredda l'isolamento delle pareti esterne dell'edificio è affidato alla diversa temperatura interna all'intercapedine. Affinché entrambe le condizioni siano rispettate il sistema prevede dei dispositivi situati alla base e all'estremità superiore di ogni camino che ospitano "sportelli" per la chiusura del camino e reti anti-intrusione per insetti, animali o detriti di vario genere. Tali bocche di ripresa ed emissione d'aria sono proporzionate sulle dimensioni del camino di ventilazione affinché il flusso d'aria in entrata (nell'intercapedine) possa alimentare i moti convettivi. L'altezza dei camini è calibrata sulle dimensioni del prospetto e sull'ampiezza dell'intercapedine; per edifici di altezza considerevole le aperture, di controllo del passaggio d'aria nell'intercapedine, sono disposte su allineamenti continui che scandiscono il prospetto. Per ogni pannello posto alle due estremità del camino vi è un carter in lamiera zincata con due aperture della larghezza del modulo che regolano l'immissione d'aria all'interno dei camini (cfr. fig. 4.3.4\_3). Questo, agganciato agli ancoraggi del pannello superiore e di quello inferiore, è diviso in due parti e ospita il dispositivo di movimentazione dello sportello che chiude (o apre) l'intercapedine. Tutti i dispositivi della medesima verticale sono azionati da un'unica leva meccanica; ogni sportello è collegato ad una cerniera ad asse orizzontale interna al carter e il movimento indotto dalla leva (in direzione verticale) fa ruotare lo sportello il quale chiude (o apre) l'unico punto di contatto del camino di ventilazione con l'esterno.

L'attacco a terra (cfr. fig. 4.3.4\_2) è risolto ricorrendo ad un basamento che includa un'apertura per l'ingresso dell'aria

all'interno dell'intercapedine; la soluzione varia leggermente per quegli edifici che abbiano ambienti sotto il livello della strada adibiti a cantine o a spazi di discontinuità e aerazione per il solaio del piano terra. Si presuppone, infatti, che le aperture del camino possano utilizzare l'aria di questi ambienti, a temperatura certamente più bassa di quella esterna per raffrescare l'intercapedine e attivare la ventilazione naturale.

Per il coronamento della parete (cfr. fig. 4.3.4\_2) è stata studiata una soluzione molto simile a quella 'intermedia' alla quale è stato aggiunto un elemento di protezione dalle acque meteoriche. In questo caso è stato studiato un telaio da ancorare alla sottostruttura e al supporto murario retrostante che ha il compito di evitare che l'acqua piovana penetri nella camera d'aria o che dilavi lungo la facciata; l'elemento può essere tanto in vetro quanto in lamiera.

Infine, è stata studiata una soluzione per il trasporto e il montaggio in cantiere dei moduli di facciata. Le dimensioni e il peso dei pannelli implicano l'ausilio di bracci meccanici o gru per muovere e portare ogni pannello in posizione parallela rispetto alla facciata e per semplificare l'attacco agli ancoraggi predisposti sul supporto murario. Ogni pannello arriva in cantiere completo di doghe in terracotta e sottostruttura in acciaio; onde evitare la rottura degli elementi in cotto tanto durante il trasporto quanto durante il montaggio, il modulo è munito di telaio chiuso in alluminio estruso (sezione ad L con guarnizioni di protezione all'interno delle ali). Questo elemento ha il compito di semplificare le operazioni di trasporto e movimentazione proteggendo gli spigoli degli elementi e impedendo lo scorrimento delle doghe. Esso è posto sul pannello come una sorta di maschera o copertura frontale agganciata ai montanti della sottostruttura mediante due fori passanti alle estremità superiori e inferiori degli stessi.

Il progetto della movimentazione in cantiere prevede che il pannello sia sostenuto e sospeso all'altezza necessaria da una gru utilizzando una barra piena d'acciaio che infila i due fori alle estremità dei montanti del pannello. Collocato il pannello nella sua posizione sulla facciata e agganciato agli ancoraggi con l'intervento degli operai responsabili della messa in opera, il telaio di

protezione in alluminio potrà essere rimosso e il pannello fissato (cfr. fig. 4.3.4\_1).

I giunti verticali fra pannelli adiacenti sono stati quindi dimensionati in funzione dello spessore del telaio e delle tolleranze necessarie per la manovra. Apposite guarnizioni (estrusi in silicone deformabili affinché possano seguire il movimento del pannello) sono incollate su uno dei bordi di ogni telaio a chiudere eventuali vie di ingresso di acqua e aria.

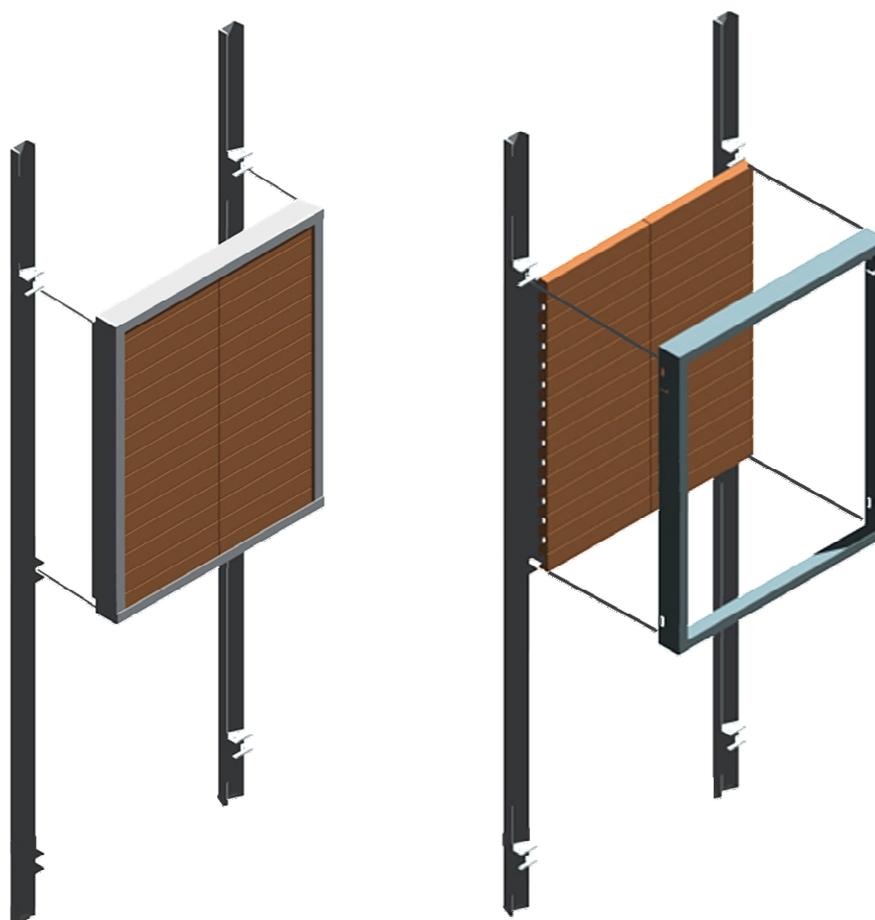
Tutte le soluzioni d'angolo o d'imbotte per aperture sul prospetto sono state risolte ricorrendo a sagome di lamiera d'acciaio piegate che chiudono l'intercapedine. La scelta è stata suggerita dalla volontà di ridurre le difficoltà di lavorazione e formatura di pezzi speciali in terracotta adatti a finire queste parti del prospetto e di alleggerire il prospetto riducendo gli spessori e cambiando il materiale negli spigoli o in corrispondenza delle soluzioni della continuità del prospetto.

*Fig 4.3.4\_1*

Il telaio in alluminio per la protezione dei moduli durante il trasporto.

**A** Il modulo di facciata arriva sul sito con una "maschera" in alluminio.

**B** Il telaio in alluminio è rimosso dopo che il pannello è stato ancorato al supporto.



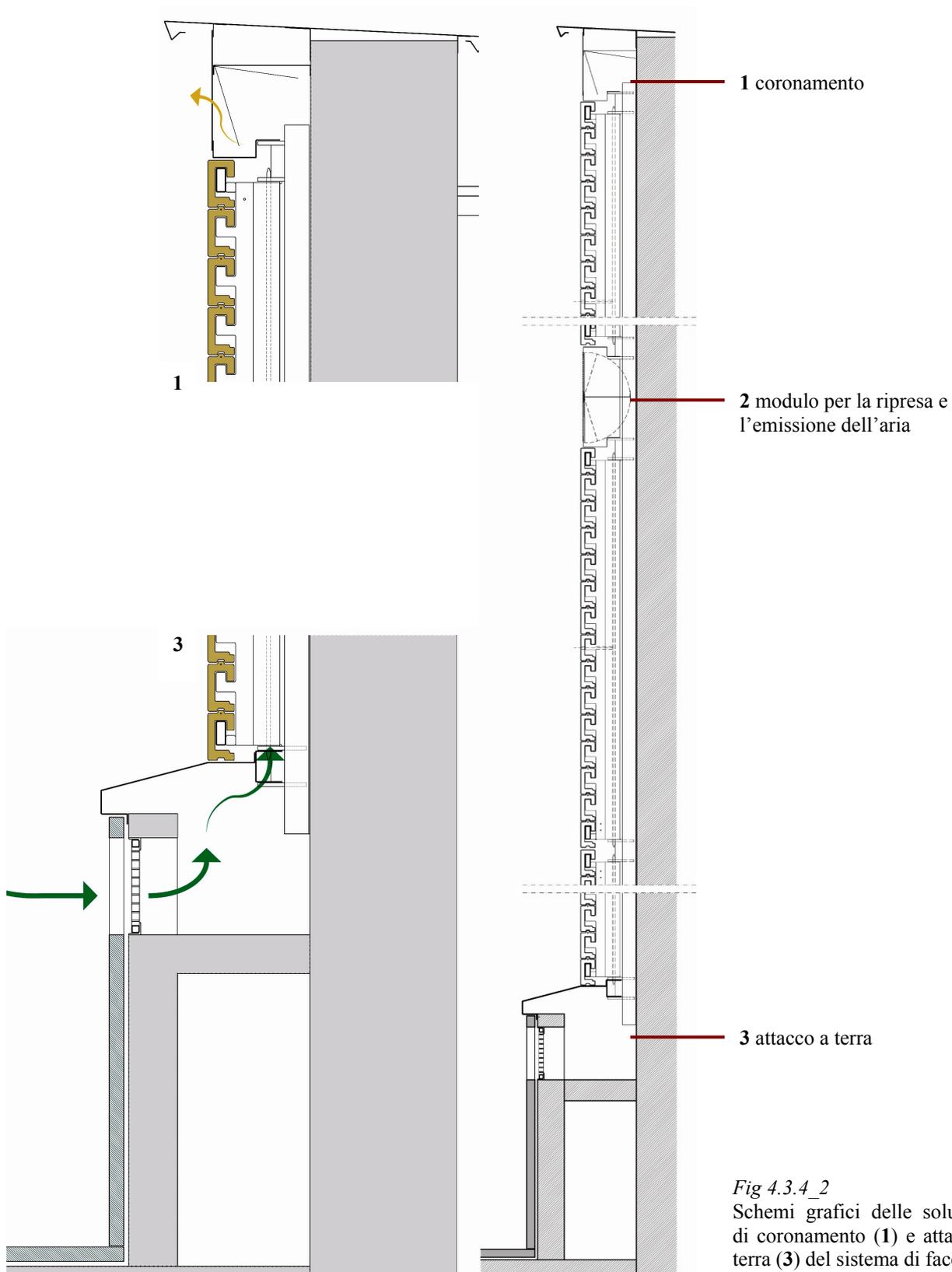


Fig 4.3.4\_2  
Schemi grafici delle soluzioni di coronamento (1) e attacco a terra (3) del sistema di facciata.

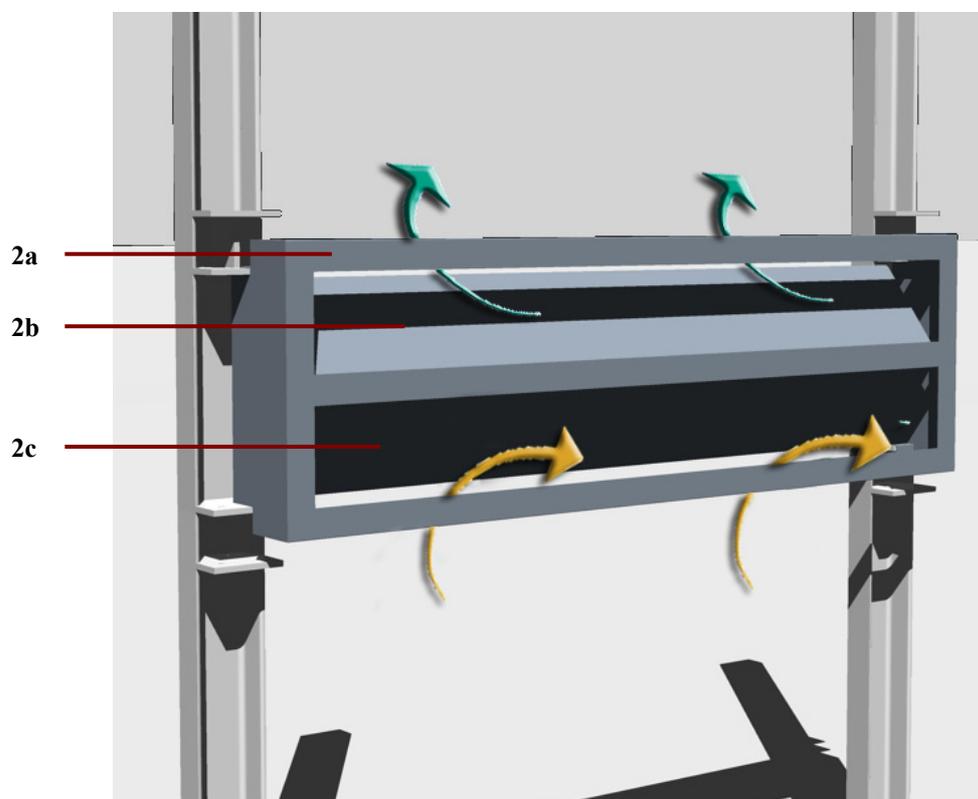
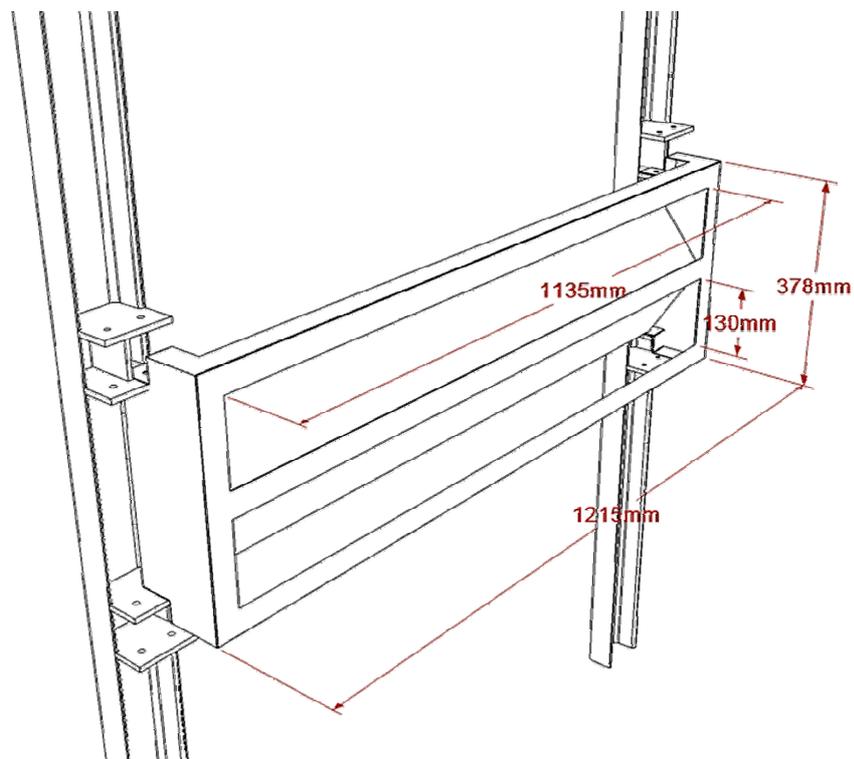
Fig 4.3.4\_3

Schemi grafici delle soluzioni per la ripresa e l'emissione dell'aria

2a: carter metallico

2b: sportello per la chiusura dell'intercapedine

2c: foro d'aerazione



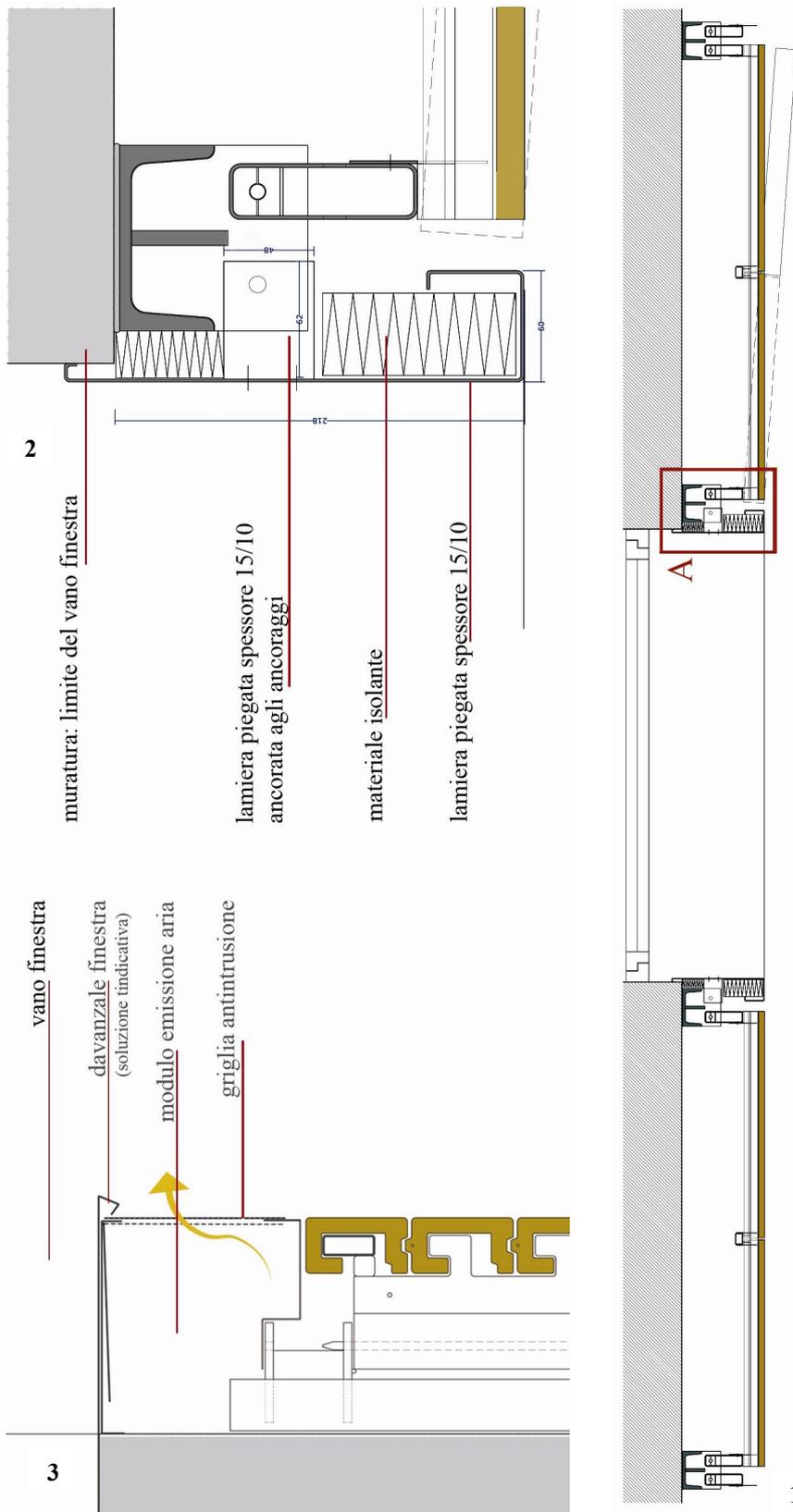


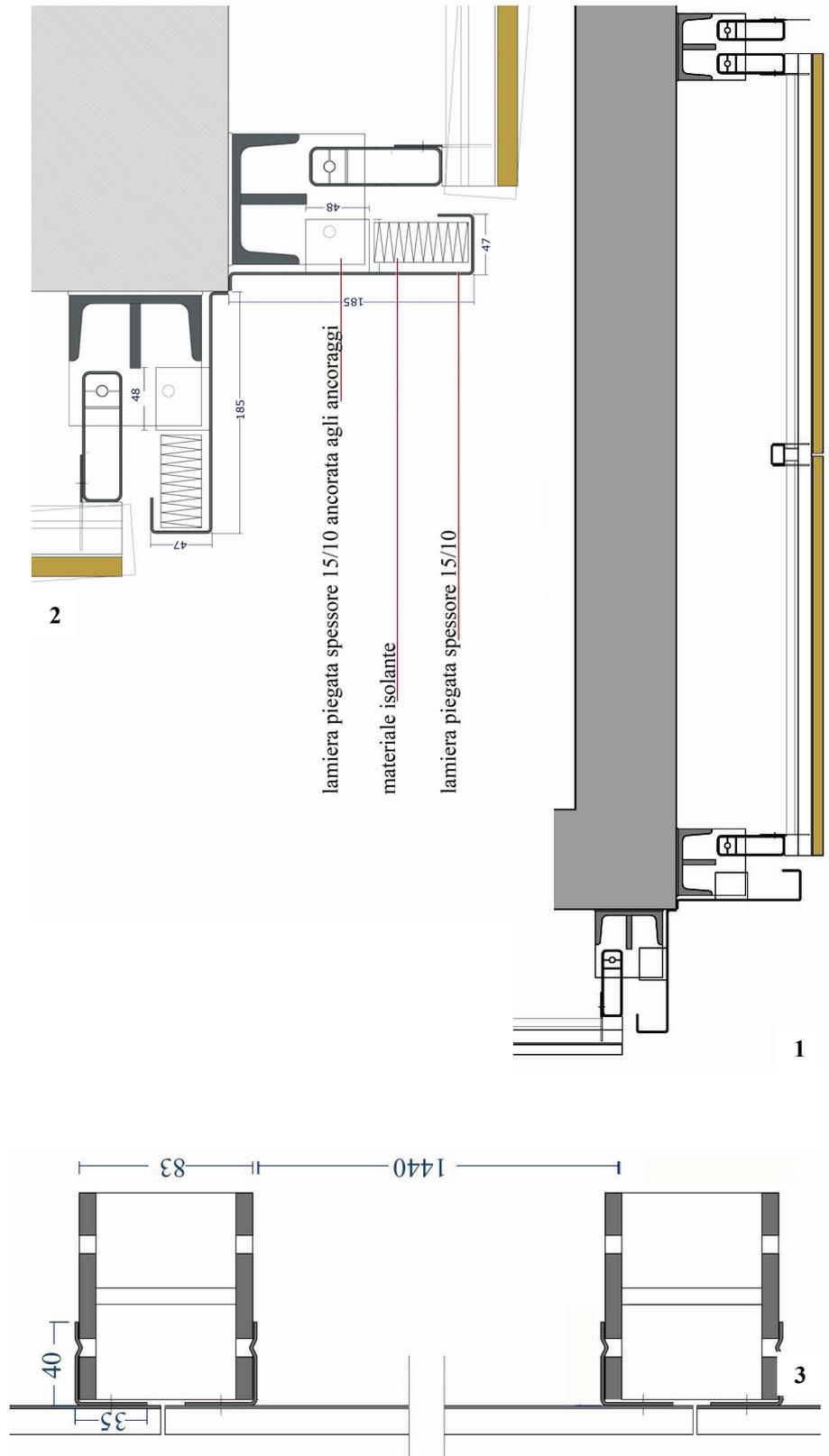
Fig. 4.3.4\_4  
Schemi grafici delle soluzioni in corrispondenza di aperture sul prospetto.

- 1 sezione orizzontale
- 2 sezione orizzontale (dettaglio)
- 3 sezione verticale (dettaglio)

Fig. 4.3.4\_5

Schemi grafici delle soluzioni per il terminale d'angolo della parete.

- 1 sezione orizzontale
- 2 sezione orizzontale (dettaglio)
- 3 sezione verticale in corrispondenza degli ancoraggi





*Fig. 4.3.4\_6*  
Alcune immagini dei primi modelli di studio della facciata.

#### 4.4 Valutazioni sul progetto: la sperimentazione e la prototipazione come momento di verifica delle ipotesi di progetto.

Tutte le ipotesi di progetto sono state sottoposte a controlli e valutazioni che tendono a verificare quali fra gli obiettivi proposti sono stati raggiunti e come si comporta il nuovo sistema rispetto al quadro esigenzial-prestazionale definito in fase di analisi.

La costruzione e l'osservazione di modelli di studio, virtuali e reali, e di un prototipo<sup>41</sup> di un pannello della facciata, si presentano come un strumento di controllo e di verifica delle suddette ipotesi.

Le valutazioni cui è stato sottoposto il dispositivo progettato, dunque, sono le medesime utilizzate per l'analisi dei sistemi di

---

<sup>41</sup> L'osservazione del prototipo ha offerto una valutazione oggettiva del sistema e ha messo in luce alcuni problemi sfuggiti alla fase di sperimentazione e studio effettuata sul modello tridimensionale e sui disegni bidimensionali. A seguire sono riportate le principali problematiche riscontrate sul prototipo sulla base delle quali è stato modificato il progetto. I problemi riscontrati riguardano sostanzialmente due aspetti:

##### *La manutenibilità*

- Il peso del telaio rendeva difficoltosa la rotazione del pannello sulla verticale; l'attrito che si genera fra il montante (scatolare 100x30x2 mm) e l'ancoraggio inferiore è stato eliminato inserendo nel foro di alloggiamento della cerniera una ghiera con cuscinetti a sfera.
- La distribuzione delle sollecitazioni e dei carichi sugli ancoraggi (quasi tutto concentrato sul sostegno inferiore) rischiava di trasmettere sollecitazioni troppo elevate e puntuali sul supporto murario. Il problema è stato risolto sostituendo gli ancoraggi puntuali con un montante rigido continuo saldato alle staffe di ancoraggio. In questo modo si punta a semplificare le operazioni di montaggio svincolando da un'unica precisa posizione l'ancoraggio al supporto che invece si distribuisce liberamente su tutta l'altezza del modulo. Questa soluzione offre alcune garanzie in più in termini di sicurezza (più rigidità, maggior numero di fissaggi al muro retrostante), di messa a piombo, di montaggio (la dima di riferimento da realizzare è molto più semplice).
- Inoltre, come illustrato, è emerso un problema di precisione al momento della chiusura del pannello: la mancanza di un elemento di "fine corsa" non consentiva al modulo di assumere la posizione esatta per l'ancoraggio dello stesso. Sul piatto superiore di ancoraggio, ovvero quello di appoggio del montante, è prevista una piccola sporgenza, un cilindretto in acciaio che obbliga il telaio a fermarsi e a recuperare esattamente la posizione iniziale; la svasatura del foro di alloggiamento del tondino, prevista in un primo momento, infatti, si è rivelata non sufficiente a guidare il pannello. L'elemento di fondo corsa è dimensionato in modo tale da non impedire la rotazione dello stesso montante qualora si debba "aprire" il pannello con rotazione attorno alla verticale opposta.

##### *Il rivestimento:*

La scelta della sezione delle doghe in cotto passa per la sperimentazione di due diversi tipi di elementi: una prima tavella dalla sezione regolare con scanalature sulla faccia esterna (cfr. fig. 4.2.1\_1) e una dogha per sistema frangisole a sezione variabile non rettilinea. Le due diverse tipologie hanno consentito di definire il comportamento dell'impasto in fase di formatura, essiccazione e cottura. La realizzazione dei due provini ha permesso di escludere la possibilità di produrre elementi di sezione non regolare e spessore variabile. Dopo successivi tentativi e diversi problemi di deformazione dei provini sono state desunte specifiche modifiche da apportare agli impasti e alla lavorazione degli stessi per riuscire a realizzare la sezione proposta.

facciata in produzione; tali risultati sono stati successivamente confrontati. Il raffronto diretto restituisce il quadro delle premialità e degli obiettivi raggiunti del sistema proposto<sup>42</sup>.

Si rimanda al quadro sinottico allegato per la comparazione dei risultati.

La risposta del sistema alle prestazioni relative al miglioramento del benessere termoigrometrico del fabbricato connesso alla **ventilazione all'interno dell'intercapedine** è stata verificata sottoponendo lo stesso alle medesime valutazioni effettuate nel capitolo 3 per tutti i sistemi presi in analisi.

In prima istanza è stato perseguito il soddisfacimento dei requisiti fisico-tecnici propri della facciata ventilata. Il dispositivo è stato progettato per dimensioni e proporzioni nel completo rispetto delle caratteristiche fisico-dimensionali definite nei capitoli precedenti. Sono previste, inoltre, le griglie per l'immissione e l'espulsione dell'aria dall'intercapedine e dispositivi per la chiusura invernale dei condotti. I giunti orizzontali tra gli elementi di cotto sono sottili e di forma labirintica per cui non è presumibile che si vengano a creare movimenti d'aria ortogonali alla facciata che possano disturbare l'effetto camino.

Inoltre, le proprietà del cotto adottato per il progetto, non solo rispettano i parametri fisici individuati per questa categoria di elementi di rivestimento, ma offrono prestazioni in certi casi migliori di quelle garantite dai produttori del settore. Ci si riferisce soprattutto alla *resistenza meccanica* e ai *bassi valori di assorbimento d'acqua* che garantiscono stabilità, resistenza agli agenti atmosferici e agli sbalzi di temperatura. I bassi valori di assorbimento dell'acqua consentono di non fare uso di prodotti impermeabilizzanti e quindi di non snaturare colore e superficie del materiale.

La scelta di proporre un rivestimento pre-assemblato in pannelli consente di spostare la fase del controllo della **planarità** degli

---

<sup>42</sup> Una reale verifica assolutamente affidabile è possibile solo osservando il comportamento di un prototipo di un'intera facciata e non di un suo unico modulo, considerando, inoltre, le caratteristiche del contesto in cui si inserisce e dell'edificio cui si sovrappone; naturalmente questa non è la sede per una valutazione di questo tipo, che si rimanda al prosieguo della ricerca Esmalglass/Dipartimento di Progettazione Urbana.

elementi in cotto dal cantiere all'officina, lasciando alla fase di montaggio in opera l'unico compito di garantire la complanarità dei pannelli. La prima operazione consente, quindi, un accurato controllo dell'eventuale presenza di pezzi anomali per dimensione e geometria, mentre la seconda avviene semplicemente con i sistemi di regolazione previsti sugli appoggi.

Il sistema si compone di pochi elementi tutti deducibili da catene produttive già esistenti e abbondantemente sperimentate ed è quindi definibile un sistema a **bassa complessità strutturale**.

Il montaggio dei pezzi in terracotta avviene in modo estremamente semplice: la forma in sezione delle doghe, con la corrispondenza geometrica tra la forma della cavità presente nel listello di cotto e la forma dell'uncino del profilo di supporto, è stata studiata per agganciare gli elementi in terracotta con un'unica "azione" semplice e facilmente comprensibile.

La scelta di produrre la facciata in pannelli preassemblati determina, per converso, delle prestazioni in relazione alle esigenze di **trasporto e movimentazione in cantiere** apparentemente meno vantaggiose rispetto ai procedimenti che utilizzano elementi di cotto sciolti da assemblare in sito, ovviamente più leggeri e maneggevoli. Eppure, per lo stesso motivo, il sistema progettato diventa vincente se si analizzano le questioni connesse al **montaggio** dove la gran contrazione del numero degli elementi e l'estrema semplicità delle operazioni di posa in opera dei pannelli consentono ragionevolmente di immaginare un montaggio estremamente più semplice, veloce e quindi più economico.

I requisiti connessi alla **sostituibilità** delle parti e alla **manutenibilità** complessiva del sistema conferiscono al dispositivo progettato una premialità in più rispetto ai procedimenti attualmente in produzione. L'introduzione del dispositivo di bloccaggio dei pannelli ai supporti, che funziona anche come meccanismo per l'apertura del modulo di parete, consente in modo estremamente semplice e immediato lo sbloccaggio delle doghe in cotto per la sostituzione degli elementi danneggiati da un lato e l'accesso all'intercapedine per la manutenzione della sottostruttura dall'altro.

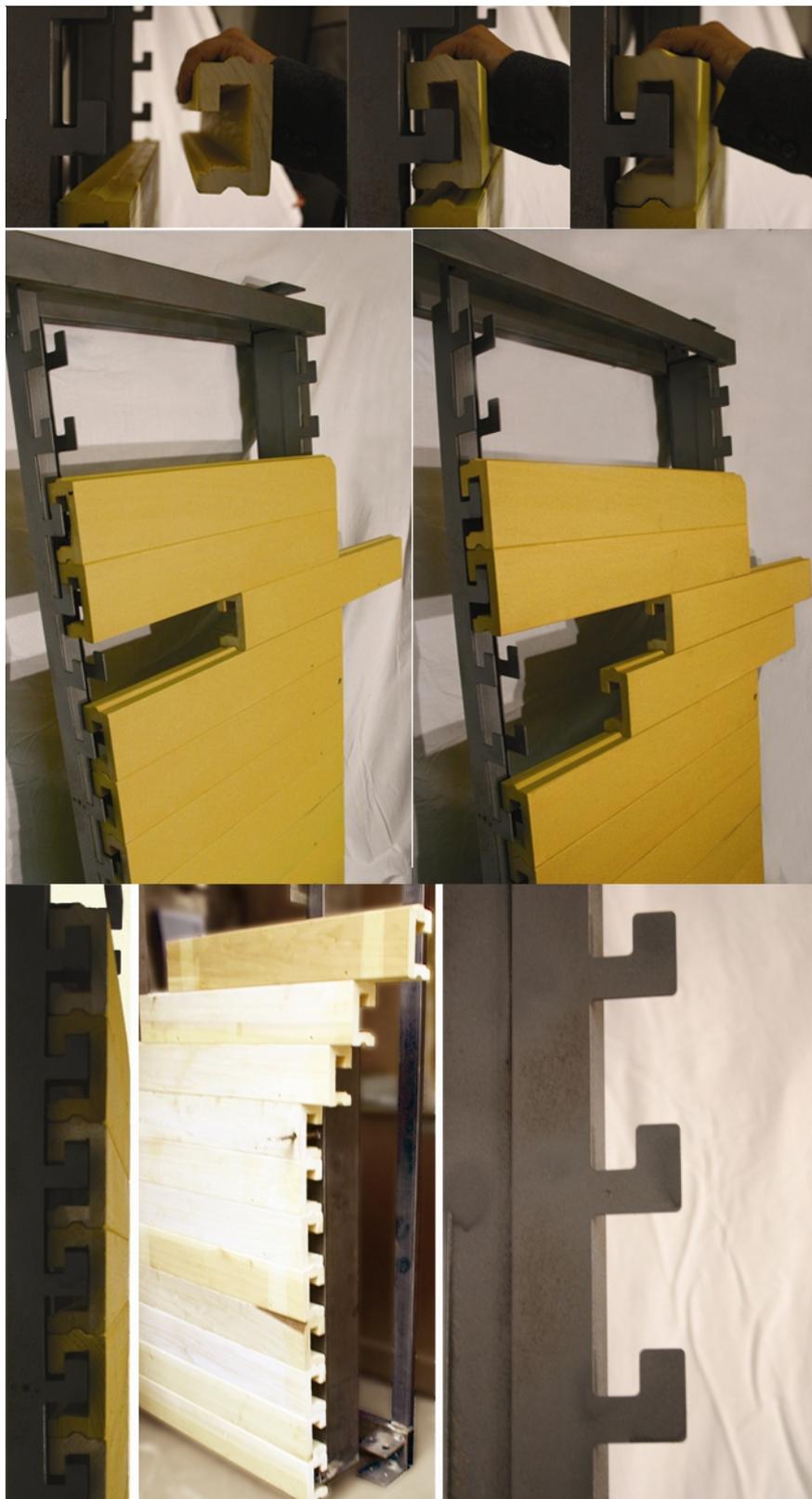
Anche sull'argomento dello **sfrido** prodotto durante le fasi di montaggio la scelta del pannello preassemblato rende il sistema in

esame sicuramente molto competitivo rispetto ai procedimenti che montano la facciata “elemento dopo elemento”.

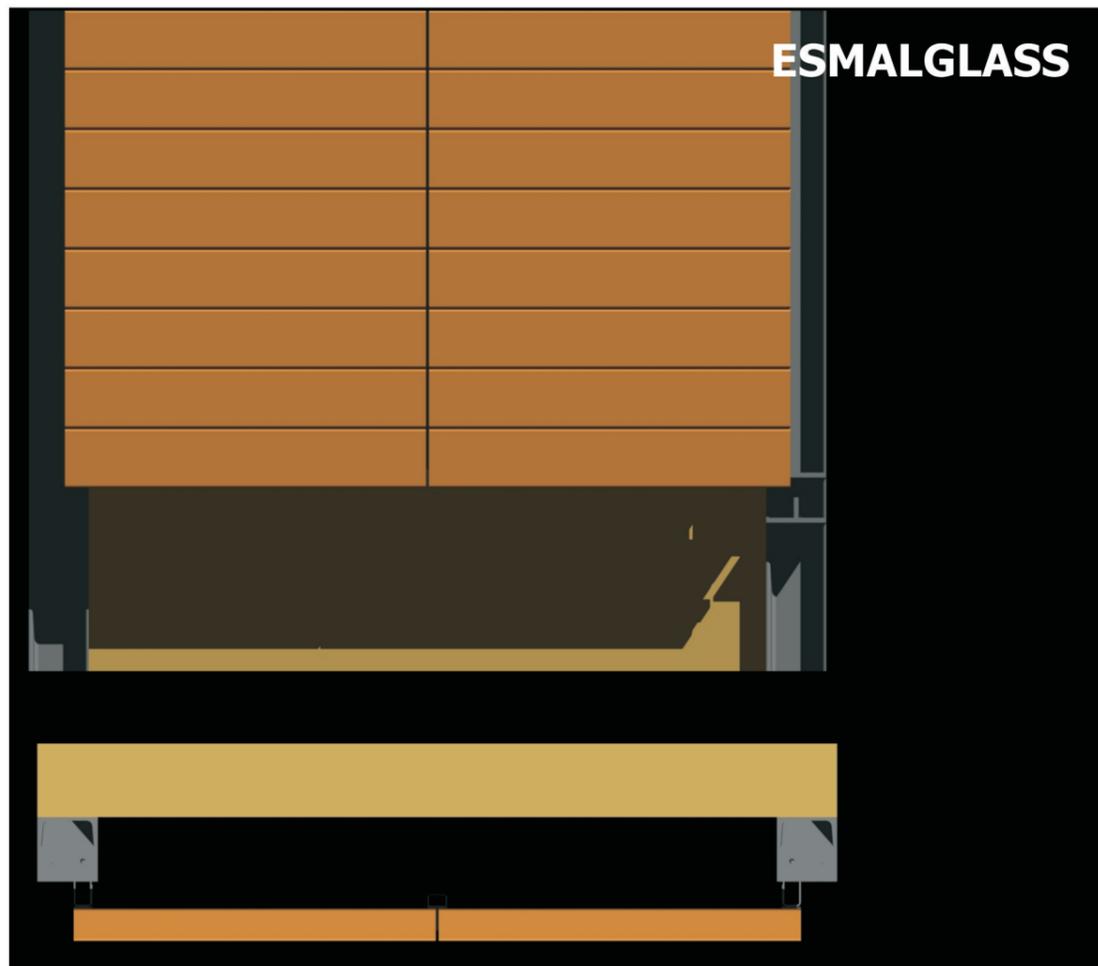
Tali sistemi, infatti, sono impostati su una posa in opera che richiede la movimentazione e il montaggio di una grande quantità di elementi in cotto che, finché non sono a dimora, risultano estremamente fragili. Inoltre, a ridurre ulteriormente il numero di elementi danneggiati in fase di cantiere, contribuisce la maggiore resistenza meccanica del materiale utilizzato (*Cottodry*).

La bassa complessità strutturale di questo sistema, già evidenziata in precedenza, consente di prevedere un montaggio estremamente semplificato con un basso livello di specializzazione della manodopera da impiegare. L'unica difficoltà nella posa della facciata consiste nel fissaggio delle aste verticali su cui sono ancorati i supporti dei pannelli, posa che deve presupporre l'esatta messa a piombo e in bolla dei suddetti agganci. Le aste sono dotate di fori ovalizzati, che consentono un appiombo molto semplice, lasciando come unica difficoltà la posa in bolla dei supporti corrispondenti. Una volta effettuata correttamente quest'operazione la posa dei pannelli e delle parti di completamento richiede esclusivamente l'appoggio dell'elemento sui supporti e la rotazione dei chiavini di bloccaggio degli stessi. Anche su questa prestazione il sistema in esame potrà ragionevolmente risultare superiore rispetto ai competitors.

*Fig. 4.4\_1*  
Alcune immagini del  
prototipo della facciata.



# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO



Il progetto prevede un dispositivo di facciata realizzato su moduli assemblati a secco che punti ad entrare nel novero delle facciate ventilate. Il modulo tipo è stato studiato con l'obiettivo di ridurre e semplificare le operazioni di montaggio, di garantire la sostituibilità di ogni elemento e di rispettare quelle proporzioni e caratteristiche proprie delle facciate a ventilazione naturale. L'intera facciata è suddivisa in canali verticali di profondità pari a circa 15 cm e altezza non superiore ai 12 m. I camini ventilati sono liberi da ingombri e protetti alle estremità superiori ed inferiori da griglie e reti che impediscono ad insetti o piccoli oggetti di entrare. Il pannello, preassemblato in officina (elementi di rivestimento compresi), è caratterizzato da un dispositivo di movimentazione e serraggio per l'ispezione della camera d'aria e la rimozione degli elementi di rivestimento. Un meccanismo ne regola l'ancoraggio ai supporti predisposti sulla facciata retrostante. In caso di sostituzione di parti ammalorate o danneggiate o d'ispezione della camera d'aria, il pannello può essere sbloccato e allontanato dalla parete retrostante per eseguire le operazioni del caso. Il sistema è stato progettato con profili industriali standard riducendo al minimo le connessioni meccaniche da registrare e le operazioni di assemblaggio da eseguire in cantiere; per ogni pannello è previsto un supporto (lamiera sagomata in acciaio zincato) comune a tutte le doghe allineate verticalmente, responsabile della posizione (le distanze fra i pezzi sono sempre uguali) e degli allineamenti delle stesse.

## SEZIONE

staffa di ancoraggio

doga in "cottodry"

lamiera sagomata in acciaio zincato

modulo per ripresa dell'aria

cerniera cilindrica

profilato ad U

parete posteriore

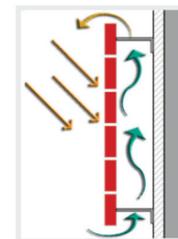
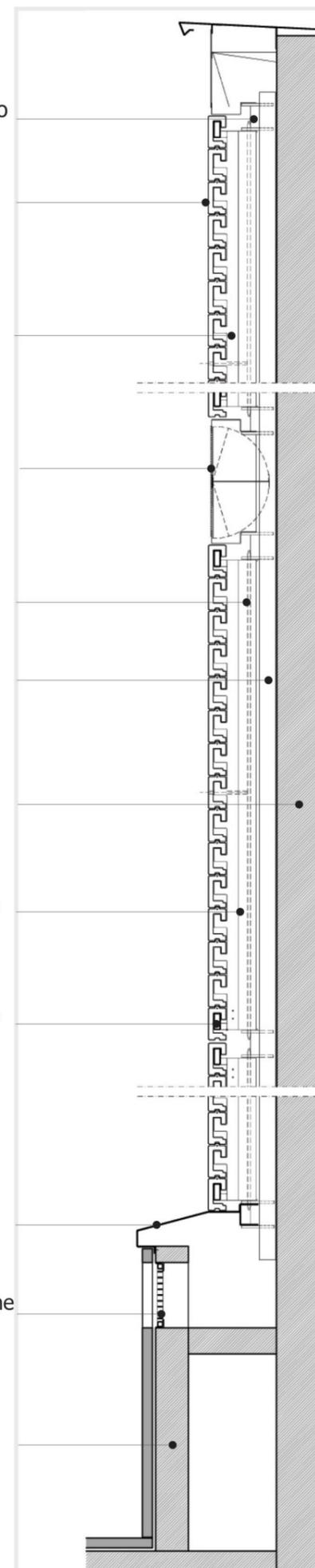
montante scatolare in acciaio

scatolare in acciaio

lamiera piegata

griglia per l'aerazione

basamento

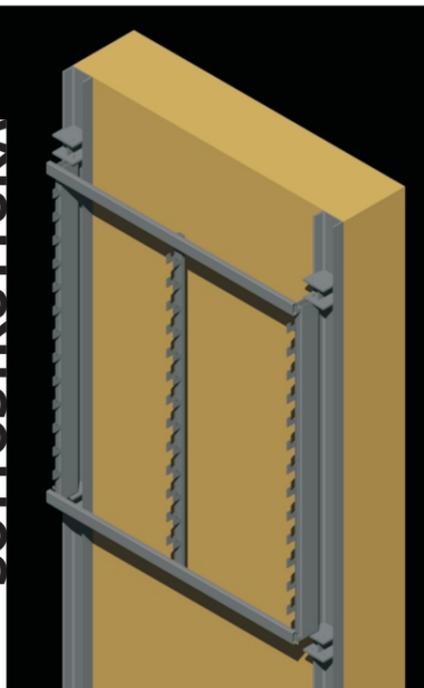


**PARETE VENTILATA**

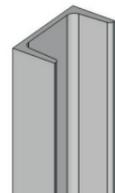
produttore cotto: Esmalglass  
progettista: Bianca Parenti

Il telaio della sottostruttura riunisce in sé le funzioni dell'orditura principale e secondaria, ha larghezza e profondità (120x10) obbligate, mentre l'altezza varia a partire da 150 cm di scatti modulari di 10 cm. Il telaio è composto di due montanti (100x40x2 mm) - posti alle estremità laterali - che rappresentano l'orditura principale e ospitano al loro interno il meccanismo per la "chiusura" del modulo-pannello; alle estremità superiore ed inferiore dei montanti sono saldati due traversi scatolari (50x20x1.5 mm) che costituiscono l'orditura secondaria. Il telaio è irrigidito da un terzo scatolare verticale saldato in mezzzeria dei profili orizzontali. La struttura è ancorata alla parete retrostante tramite quattro coppie di piatti saldati ad un profilo a U (100x50 mm) fissato alla muratura retrostante.

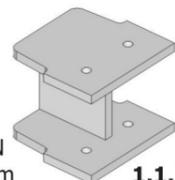
## SOTTOSTRUTTURA



### 1.1 ancoraggi

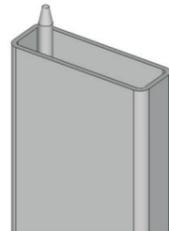


profilato UPN  
1.1.1 100x50x6 mm



staffa di  
1.1.2 ancoraggio

### 1.2 orditura principale



montante  
scatolare in acciaio  
1.2 dim. 100x30x2 mm

### 1.3 orditura secondaria

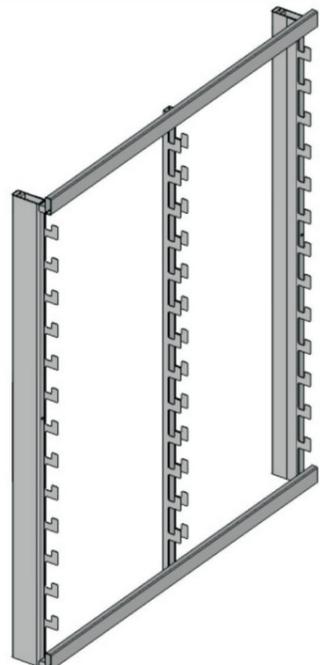
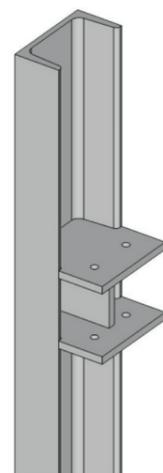


1.3.1 trasverso  
scatolare in acciaio  
dim. 50x20x1,5 mm



1.3.2 lamiera sagomata  
in acciaio zincato

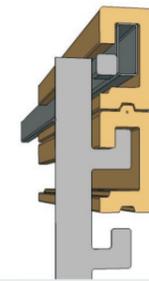
La staffa di ancoraggio è saldata al profilato UPN fissato tramite tasselli alla muratura retrostante. Fori ovalizzati sul profilato risolvono eventuali disallineamenti o fuoripiombo.



## 2.1 giunti di connessione e sostegno



2.1 lamiera sagomata  
in acciaio zincato



## 2.2 lastra piana rettangolare



dim. 100 x 600 x 55 mm

### Caratteristiche generali:

materiale: cottodry formatura: elemento estruso tipo di aggancio: nascosto, la forma della doga è studiata sulla lamiera sagomata che la sostiene

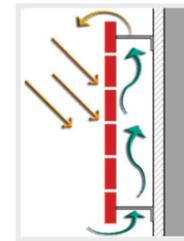
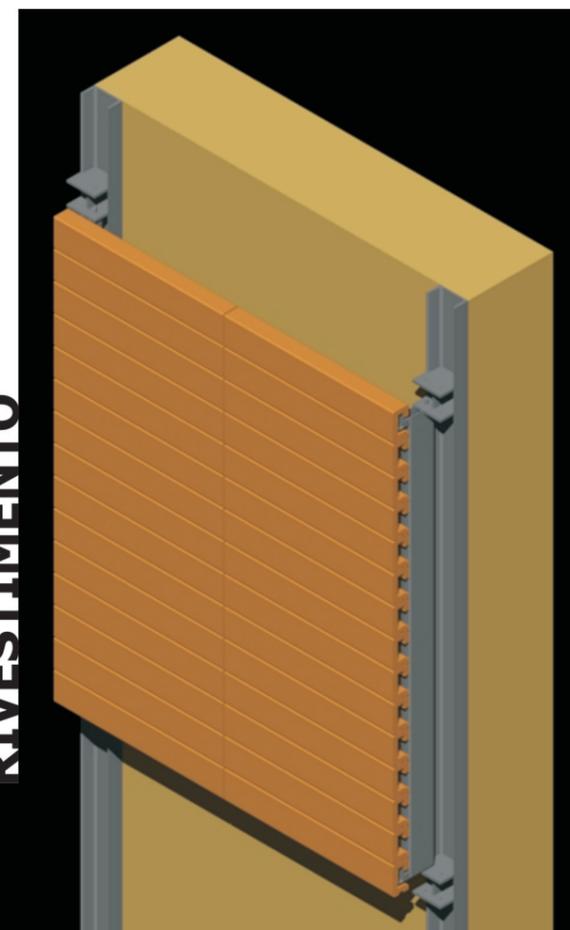
### Caratteristiche dimensionali:

altezza: 100 mm larghezza: 600 mm spessore max: 55 mm

posa in opera: a secco

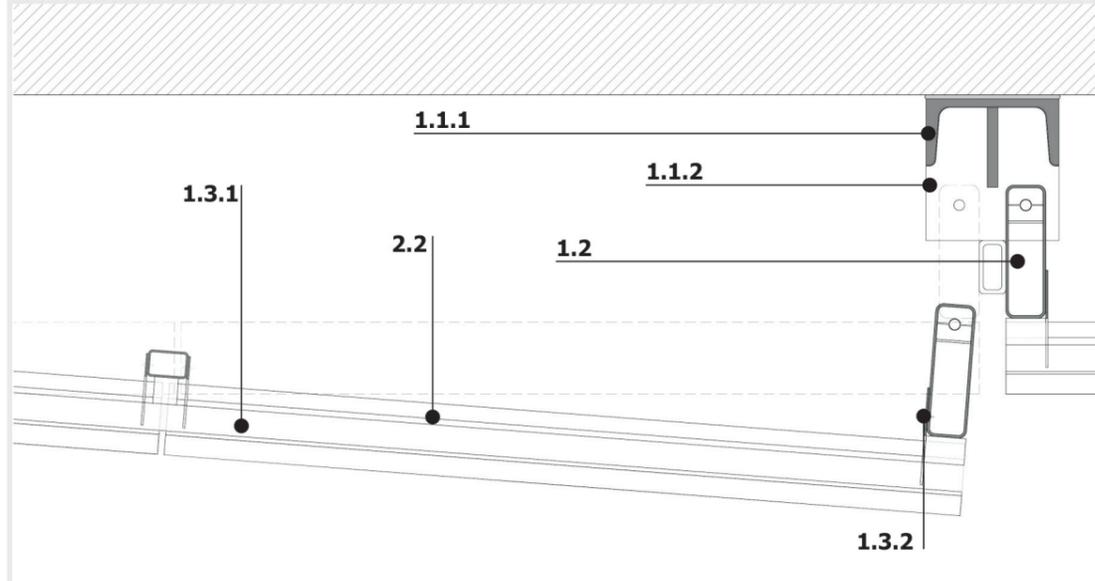
Ogni pannello ospita 20 doghe, disposte su due file verticali e "sospese" al supporto metallico, sagomate sui lati superiore e inferiore affinché le doghe adiacenti siano incastrate le une con le altre. Sui pannelli sono montati elementi in terracotta estrusi, di sezione regolare a spessore costante pari a 15 mm, la cui forma è studiata in funzione del tipo di supporto cui sono ancorati. I dati dimensionali che la definiscono sono: altezza 10,5 cm, larghezza di 5,5 cm, lunghezza 60 cm. L'intero sistema, puntando ad una semplificazione e standardizzazione del processo di produzione dei pezzi, prevede una sola sezione di terracotta con l'unica eccezione per i primi due elementi sull'estremità superiore di ogni pannello. La sezione degli elementi in sommità, infatti, differisce da quella tipo per l'assenza della maschiatura longitudinale che permette un minimo di tolleranza fra due pannelli consecutivi.

## RIVESTIMENTO



# SISTEMI DI RIVESTIMENTO IN COTTO

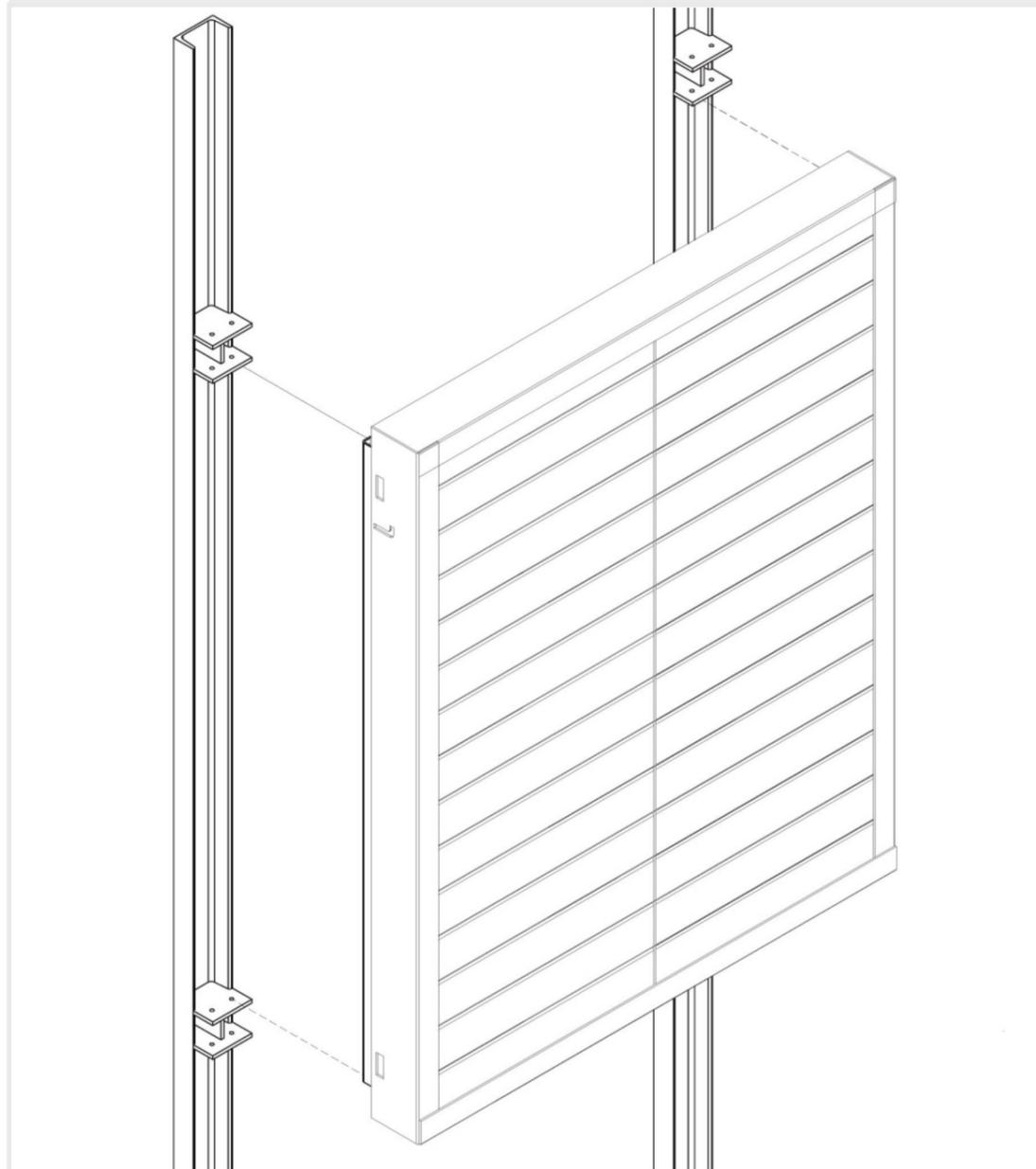
sezione longitudinale



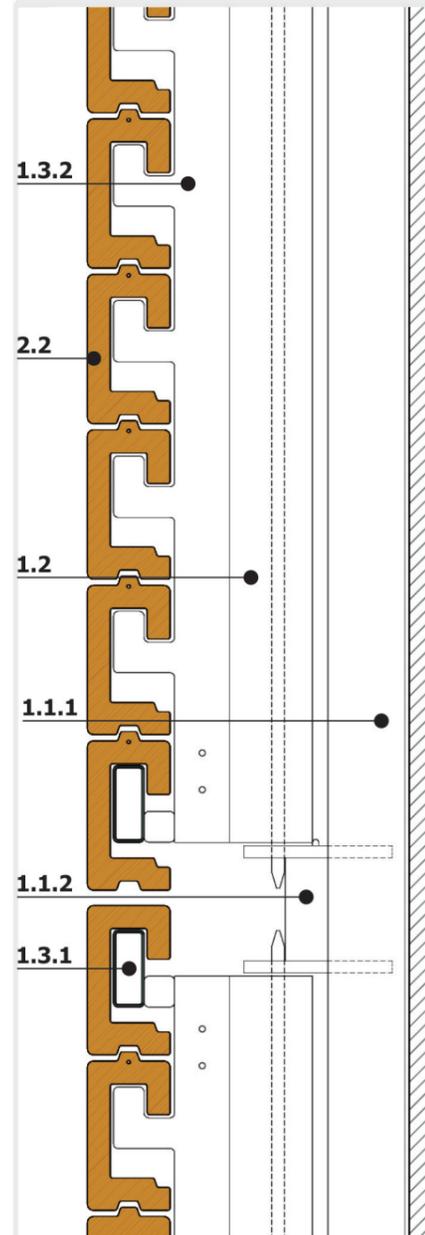
- 1.1.1 profilato UPN  
dim. 100x50x6 mm
- 1.1.2 staffa di ancoraggio
- 1.2 montante scatolare  
in acciaio  
dim. 100x30x2 mm
- 1.3.1. traverso scatolare  
in acciaio  
dim. 50x20x1,5 mm
- 1.3.2 lamiera sagomata  
in acciaio zincato
- 2.2 elemento in cotto  
dim. 100x600x55 mm



vista assometrica

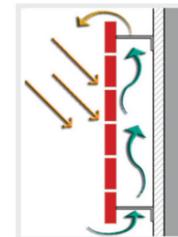


sezione trasversale



caratteristiche fisiche			
dati fisici	dimensione elementi in cotto lxhxb	mm	600x105x55
	peso per m <sup>2</sup> di cotto	kg/m <sup>2</sup>	
	dimensioni modulo di facciata LxH	cm	150x120
	assorbimento d'acqua	%	< 0,2%
	trattamento superficiale		nessuno
giunti	tipologia di giunti orizzontali		labirintici
	dimensioni dei giunti orizzontali	mm	5
camino d'areazione	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura	cm	120
	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante	cm	20
	altezza massima camini	cm	350 fino a 12000
	presenza aperture ripresa ed emissione aria		si
	presenza dispositivi di chiusura intercapedine		si

caratteristiche di progetto, montaggio e manutenzione		
controllo planarità, orizzontalità, verticalità		ottima
complessità strutturale del sistema		bassa
attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro		buona
attitudine al montaggio		ottima
sostituibilità		ottima
manutenibilità		ottima
produzione di sfrido in fase di montaggio		ottima
tempi di montaggio		brevi



PARETE VENTILATA

produttore cotto: Esmalglass  
progettista: Bianca Parenti



quadro sinottico																									
															requisiti di progetto			requisiti relativi al montaggio e alla manutenzione							
		dati dimensionali				giunti orizzontali fra elementi in cotto			camino d'areazione																
			dimensioni elementi in cotto l x h x b (mm)	peso per m <sup>2</sup> di cotto (kg/m <sup>2</sup> )	dim modulo di facciata L x H (cm)	assorbimento d'acqua (%)	trattamento superficiale	tipologia	dimensione (mm)	larghezza del camino: distanza fra montanti della sottostruttura (cm)	profondità intercapedine: distanza dalla parete retrostante (cm)	H max camini (cm)	presenza aperture ripresa ed emissione aria	presenza dispositivi di chiusura intercapedine	classificazione della facciata	controllo planarità, orizzontalità, verticalità	complessità strutturale del sistema	attitudine al trasporto componenti: massa, ingombro	attitudine al montaggio	sostituibilità	manutenibilità	produzione di sfrido in fase di montaggio*	livello di specializzazione manodopera	tempi di montaggio	
Il Palagio: Banca Popolare di Lodi (1998)		Renzo Piano	terracotta	270 - 330x440x40	64,5 kg/m <sup>2</sup>	180x83	≤6	impregnanti siliconici	semplici	8	180	20	1650	si	no	ventilata	buono	media	buona	buona	buona	buona	media	medio	medi
Il Palagio: Museo archeologico del Foro di Aquileia. (1998-2000)		5+1 architetti associati	terracotta	400x300x35	54,6 kg/m <sup>2</sup>	--	≤6	impregnanti siliconici	semplici con kerf	8	100	16	altezza dell'edificio	no	no	ventilata	buono	alta	buona	media	buona	buona	media	medio	lunghi
Sannini: Stabilimento ditta Racotek di Roma, Teramo (1999-2000)		Giovanni Vaccarini	terracotta	500x145x50	886 N/ml	50x45	7	impregnante idrorepellente a base di microemulsione silossanica	semplici	6	50	3,5	altezza dell'edificio	no	no	microventilata	buono	media	buona	media	mediocre	mediocre	alta	medio	medi
Sannini: Leeum Samsung Museum, Seul, Korea (2002-2004)		Botta	terracotta	I: 500x250x50; II: sezione trapezoidale	--	--	2 (con impasto additivato con resine poliestere)	impregnante idrorepellente a base di microemulsione silossanica	semplici con kerf	50	50	3,5	altezza dell'edificio	no	no	microventilata	buono	alta	buona	mediocre	buona	buona	media	alto	lunghi
RDB: Centro commerciale e residenziale, Bergamo		Romano Ruggieri	laterizio	495x245x40	44 N/mq	--	trascurabile a seguito del trattamento idrorepellente	impregnante idrorepellente a base di microemulsione silossanica	labirintici	5	50	20	--	si	no	ventilata	buono	media	buona	buona	mediocre	mediocre	alta	alto	lunghi
Terreal-San Marco: Mediateca, Tolosa (2004)		Buffi associates	laterizio	750x150x50; 620x150x50	--	L=150; 124 H=300; 420; 650; 890	--	--	--	variabile	--	--	--	--	--	schermata	--	bassa	buona	buona	mediocre	mediocre	bassa	basso	brevi
Guirard Freres-Terreal: Ampliamento IRCAM, Parigi (1987-1989)		Renzo Piano	laterizio	--	--	70x120	--	--	semplici	10 (cotto); 40 (pannelli)	--	--	--	no	no	schermata	ottimo	media	ottima	buona	mediocre	mediocre	bassa	basso	brevi
Guirard Freres-Terreal: Cité Internationale, Lione (1989-1995)		Renzo Piano	laterizio	1520x200x70 1520x300x70	74-75 kg/m <sup>2</sup>	??	--	--	semplici con kerf	10	154	2	altezza dell'edificio	no	no	microventilata	buono	media	buona	mediocre	buona	buona	media	medio	lunghi
NBK-Terreal: edifici per uffici e abitazioni a Potsdamer Platz, Berlino (1992-1999)		Renzo Piano	terracotta	300x800x30	55 kg/m <sup>2</sup> (medium size)	135x375	fino al 5,7	--	--	--	--	--	--	no	no	ventilata	ottimo	bassa	buona	ottimo	mediocre	mediocre	bassa	medio	brevi
Woesteland: abitazioni a Rue de Meaux, Parigi (1987-1991)		Renzo Piano	terracotta	430x180x12	--	180x270	--	--	labirintici	15	--	--	--	no	no	facciata a cortina microventilata	buono	bassa	ottima	buona	ottima	buona	bassa	medio	medi
MOEDING: abitazioni a Linz (1994-1999)		Tomas Herzog	laterizio	400x200x30	--	160x280	--	--	labirintici	12	120	8 (compresi isolante e traversi alluminio)	280	no	no	microventilata	medio	alta	buona	buona	mediocre	mediocre	media	alto	lunghi
prototipo facciata ventilata con cottodry (prodotto da Esmalglass)		--	terracotta	6000x105x55	--	150x120	< 0,2%	nessuno	labirintici	5	120	20	350 fino a 12000	si	si	ventilata	ottima	bassa	buona	ottima	ottima	ottima	ottima	basso	brevi

## 5. Conclusioni, ovvero prospettive di ulteriori avanzamenti della ricerca

L'espressione "facciata ventilata" nella maggior parte dei casi non individua gli involucri opachi ventilati il cui isolamento termico dinamico è garantito dai flussi ascendenti estivi e dalla presenza della camera *buffer* invernale, bensì tutti i dispositivi di rivestimento messi in opera a secco dietro ai quali è ricavata un'intercapedine d'aria che ha il solo scopo di interrompere la continuità fisica con gli strati di parete retrostante e consentire una leggera circolazione d'aria al suo interno. Il lavoro affrontato nel corso della ricerca, invece, sia dal punto di vista dell'analisi che da quello del progetto, è stato improntato sul rispetto di quelle ipotesi di massimo contributo al comfort ambientale dell'edificio ed è stato sviluppato puntando a verificare tutte le prerogative summenzionate. La ricerca si conclude, quindi, con una proposta di sistema di facciata che risponde concretamente alle istanze proprie delle facciate ventilate e tenta di offrire una risposta concreta alle problematiche riscontrate sui dispositivi analizzati.

La proposta progettuale così sviluppata, non è certamente *la* risposta alternativa a tutti i dispositivi a ventilazione naturale assemblati con involucro in cotto esistenti sul mercato, ma contribuisce a tracciare una possibile direzione di sviluppo per questa tecnologia.

Definiti la struttura di base del dispositivo di facciata, i caratteri e gli elementi principali, il percorso che giunge al progetto definitivo non si può dire ancora completo. Alcuni aspetti del progetto, così come la verifica di alcune ipotesi, sono demandati ad una successiva fase di studio sul prototipo e di prove di laboratorio. Parte di queste verifiche sono legate al monitoraggio del modello sperimentale del sistema e alle fasi successive di ricerca condotte in più stretta collaborazione con i produttori e gli artigiani del settore.

La più significativa direzione di sviluppo della ricerca può essere individuata nell'ipotesi di lancio sul mercato del sistema di facciata progettato. Tale percorso si sostanzia fundamentalmente di una

prima fase che si definisce di *industrializzazione dei risultati* e si completa con l'attuazione di un piano di *sviluppo precompetitivo*<sup>43</sup>. Si avvia, quindi, il processo precisando tutte le caratteristiche del progetto e sottoponendo un modello in scala o un prototipo dell'elemento alle prove necessarie e si arriva ad organizzare e perfezionare la filiera produttiva.

Il mercato attuale è governato da leggi e direttive atte a garantire l'idoneità alla distribuzione di un qualsiasi prodotto e la sua competitività nell'ambito dello specifico settore in cui punta ad inserirsi. Alla luce delle indicazioni fornite e delle valutazioni richieste dall'Unione Europea e prima di una qualsiasi altra operazione, dovranno essere individuate le prestazioni, ovvero le qualità attese del sistema. Caso per caso ed in funzione del settore in cui ci si trova ad operare saranno diverse e più o meno flessibili le prestazioni richieste; per il progetto di facciata ventilata

---

<sup>43</sup> Il Programma Operativo Nazionale (P.O.N.) "Sviluppo imprenditoriale locale", con la misura 2, "Pacchetto integrato di agevolazioni" – PIA, del dicembre 2001, ha previsto « un nuovo sistema agevolativo che, utilizzando regimi di aiuto esistenti, unifica, integra e semplifica le procedure di accesso e di concessione delle agevolazioni. Esso promuove iniziative riferite ad un programma di sviluppo e al programma di investimenti per la industrializzazione dei risultati, definisce quindi:

- "SVILUPPO PRECOMPETITIVO": programma diretto alla progettazione, sperimentazione, sviluppo e preindustrializzazione di nuovi prodotti, processi, o servizi ovvero di modifiche sostanziali a prodotti, linee di produzione e processi produttivi, che comportino sensibili miglioramenti delle tecnologie esistenti. Tali attività si concretizzano nella realizzazione di progetti pilota e dimostrativi nonché di prototipi non commercializzabili e non comprendono modifiche di routine o modifiche periodiche apportate a prodotti, linee di produzione, processi di fabbricazione, servizi esistenti anche se tali modifiche possono rappresentare miglioramenti. Il programma di sviluppo precompetitivo può comprendere anche attività non preponderanti di ricerca industriale e attività dirette alla realizzazione, all'ampliamento, ammodernamento, ristrutturazione, riconversione, riattivazione, acquisizione o delocalizzazione di centri di ricerca. Per attività di ricerca industriale si intendono quelle dirette all'acquisizione di nuove conoscenze finalizzate alla messa a punto di nuovi prodotti, processi produttivi o servizi ovvero al notevole miglioramento dei prodotti, processi produttivi o servizi esistenti. L'attività di ricerca si considera non preponderante quando il costo ad essa riferito è inferiore, nell'ambito del medesimo programma oggetto di domanda di agevolazione, a quello previsto per le attività di sviluppo precompetitivo. Le attività relative alla realizzazione di nuovi centri di ricerca ovvero all'ampliamento, alla ristrutturazione, alla riconversione, alla riattivazione, all'acquisizione o alla delocalizzazione di centri di ricerca già esistenti sono ammissibili all'agevolazione solo se oggetto di richiesta di agevolazione nell'ambito di un programma per attività di sviluppo precompetitivo ovvero di ricerca e sviluppo e qualora sussista un collegamento funzionale con tali attività. I costi agevolabili relativi ai centri di ricerca non possono superare il 30% del totale degli altri costi agevolabili del programma di sviluppo precompetitivo.
- "INDUSTRIALIZZAZIONE DEI RISULTATI": programma volto alla realizzazione degli investimenti fissi, ammissibili alle agevolazioni della legge 488/92, strettamente collegati allo sfruttamento industriale dei risultati derivanti dal programma di sviluppo precompetitivo (si ricorda che sono ammissibili alle agevolazioni della legge 488/92 programmi organici e funzionali relativi alla realizzazione di nuove unità produttive o ad ampliamenti, ammodernamenti, ristrutturazioni, riconversioni, riattivazioni o trasferimenti di unità produttive esistenti).»

particolare attenzione dovrà essere rivolta verso quelle prestazioni concernenti la manutenibilità, alcuni aspetti del montaggio, la complessità strutturale e il comportamento della facciata dal punto di vista climatico-ambientale. Stabilite le prestazioni del sistema è, quindi, possibile valutare il prodotto sottoponendolo ad una serie di **prove** che verifichino che le prestazioni richieste siano soddisfatte, che il comportamento funzionale e prestazionale lo renda idoneo ad essere impiegato per lo scopo previsto negli edifici o nelle opere di ingegneria civile e per attestarne la conformità alle direttive e alla normativa europea.

La valutazione del prodotto segue, quindi, le procedure e la tempistica stabilite da un programma di prove definito in funzione delle prestazioni richieste, della complessità del sistema e delle suddette indicazioni normative. Nella maggior parte dei casi, infatti, è la norma stessa a definire le verifiche da effettuare, il tipo di prove, il numero di campioni da fornire per ogni lotto e i valori di confronto per i risultati dei *tests*.

Nel caso delle facciate ventilate la mancanza di uno strumento direttivo specifico o completo obbliga ad una ricerca più ampia finalizzata al reperimento di quelle indicazioni relative a categorie più ampie, o ad altri elementi o componenti, le cui caratteristiche si possono considerare analoghe o trasferibili al sistema in questione.

Il programma di prove così definito deve contemplare tutte le procedure, le tecniche o i metodi adottati (con riferimento a strumenti o direttive europee), gli obiettivi da raggiungere e una stima dei tempi necessari ad effettuare tutti gli esami. Esso è stabilito concordato ed eseguito da istituti riconosciuti per la certificazione dei prodotti da costruzione in accordo con il progettista o altro soggetto che voglia introdurre nel settore un prodotto innovativo.

Sulla base di una ricerca fra enti autorizzati al rilascio di certificazioni e di attestati di conformità, è qui strutturato nei suoi caratteri sostanziali un protocollo da seguire per le valutazioni e le certificazioni dei prodotti per l'edilizia<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Gli enti cui si fa riferimento sono l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ITC) e il Centro di Certificazione e Analisi comportamentale (CSI) società del gruppo Istituto Italiano del Marchio di Qualità (IMQ) ed altri riconosciuti, ad esempio, dal Sistema Nazionale per l'Accreditamento degli Organismi di Certificazione e Ispezione (SINCERIT).

In sintesi tutte le valutazioni o le certificazioni rientrano in due categorie principali che distinguono le certificazioni o valutazioni **obbligatorie** da quelle **volontarie**. Dal momento che le facciate ventilate non rientrano fra quei prodotti sottoposti all'obbligo di marcatura CE definito dalla Direttiva Europea in materia di costruzione (CPD)<sup>45</sup>, la valutazione volontaria<sup>46</sup> (di prodotto innovativo) può seguire due diverse vie. La prima prevede attività di prova e valutazione da eseguire sulla base delle indicazioni fornite per elementi o sistemi dalle prestazioni analoghe; la seconda, invece, contempla la possibilità di “progettare” lo specifico programma di prove ovvero di studiare *ad hoc* metodi di prova sperimentali cui sottoporre il campione. L'Istituto per le Tecnologie della Costruzione, ad esempio, opera attraverso otto Commesse Strategiche di Ricerca all'interno delle quali sono inquadrati i contributi forniti dalle diverse ricerche e ai quali possono esser ricondotti di volta in volta i diversi prodotti.

Gli esiti dell'esecuzione di questo programma devono essere, poi, valutati in termini “precompetitivi” ovvero in relazione alla competitività (tecnologica e commerciale) del prodotto rispetto a quelli dei competitors presenti sul mercato.

Infine, completate le valutazioni, il prodotto può essere **certificato** dall'Istituto specializzato e avviato verso l'ultima fase che prevede la progettazione della filiera di produzione. La certificazione volontaria rappresenta una garanzia ed un credito in più anche per quei prodotti che non siano vincolati ad una certificazione obbligatoria. A questo punto, tutti i dati e le valutazioni raccolte potranno essere organizzati in una **scheda tecnica** che accompagna il sistema nel suo ingresso sul mercato delle costruzioni. Nelle norme UNI 8690/3 e UNI 9038 la scheda è definita come «insieme

---

<sup>45</sup> La Direttiva 89/106/CEE, “Materiali da costruzione” (CPD Construction Products Directive) è una legge comunitaria che impone obbligatoriamente la marcatura CE a molti prodotti che entrano nella “Costruzione Edile”, spaziando dagli elementi base, quali gli inerti, il cemento, i solai, i pannelli isolanti, ai componenti quali le porte, le finestre, le vetrate, agli elementi di sicurezza antincendio quali gli evacuatori di fumo e calore, gli idranti, e per finire tutti gli accessori per la raccolta e la fornitura di acqua. Essa fornisce, inoltre, i criteri di controllo di conformità ed un elenco di tutti i prodotti per i quali è obbligatoria la marcatura CE. (fonte sito internet CSI).

<sup>46</sup> Alcune valutazioni volontarie effettuate dall'ITC sono: “*Agrément Tecnici*” (AT) volti al rilascio di un giudizio tecnico favorevole circa l'idoneità all'impiego di materiali, componenti e sistemi destinati all'edilizia (fonte ITC/cnr); “*Common Understanding of Assesment Procedure*” (CUAP) per il Benessere Tecnico Europeo circa l'idoneità del prodotto.

coordinato di informazioni tecniche redatte in un ordine prestabilito secondo certe modalità e per determinati scopi». Tale documento deve contenere: le caratteristiche tecniche, le istruzioni per il montaggio e la manutenzione, le prescrizioni normative rispettate e le (eventuali) certificazioni. La realizzazione di un primo prototipo del prodotto costituisce il passaggio iniziale del processo di valutazione e certificazione del sistema; naturalmente l'esattezza e l'accuratezza di queste stime non possono essere limitate ad un unico modulo di facciata ed è certo che per ottenere le certificazioni del caso, bisognerebbe provvedere alla realizzazione di un intero camino di ventilazione completo di tutti i nodi o le soluzioni speciali, situato in un contesto ben definito e del quale siano note le condizioni climatiche (interne ed esterne all'edificio cui si suppone di sovrapporre la facciata). Parallelamente alle prove di laboratorio e alle procedure di certificazione necessarie, quindi, il metodo di monitoraggio di una facciata realmente messa in opera in un preciso ambiente sarebbe l'unico in grado di restituire un quadro completo delle risposte del dispositivo alle diverse sollecitazioni, di valutare il contributo al fabbisogno termico del manufatto e le altre prerogative che sono state attribuite al sistema di facciata. Allo stato attuale la ricerca vede compiute le fasi d'indagine e avviata la verifica, sul prototipo del pannello tipo, delle ipotesi di progetto ovvero il primo degli *step* del processo di controllo e prova che permette di correggere improprietà o limiti del sistema e di ricalibrarne le soluzioni particolari o di dettaglio.

Quello avviato è un processo ciclico, di modifiche continue e consequenziali, indotte dalle successive osservazioni e trasformazioni da seguire con la *partnership* di imprese e industrie che puntino al medesimo obiettivo e che siano in grado di sostenere economicamente e produttivamente tutti i passaggi verso il mercato dell'edilizia. Tale processo vive della collaborazione, stretta e continuata, con produttori (o altri soggetti interessati a sostenere l'impresa), economisti e tecnici, *partner* indispensabili nel seguire la genesi, lo sviluppo e il compimento del cammino. Questo percorso sarà seguito con il supporto del settore tecnico e di quello commerciale della Esmalglass spa che ha recentemente rinnovato il proprio interesse a completare l'*iter* iniziato ormai tre anni or sono con la collaborazione con il Dipartimento di Progettazione Urbana.

## 6. Bibliografia e sitografia

### Testi di carattere generale

- Basalla George, *L'evoluzione della tecnologia*, Rizzoli Libri Spa, Milano, 1991.
- Campioli Andrea, *Il contesto del progetto*, Franco Angeli, Milano, 1993.
- Claudi de Saint Mihiel Claudio, a cura di, *strategie integrate per la progettazione e produzione di strutture temporanee per le emergenze insediative*, edizioni Clean, 2003.
- Ciribini Giuseppe (a cura di), *Tecnologie della costruzione*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992.
- Francese Dora, *Architettura bioclimatica. Risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni*, Utet, Torino, 1996.
- Gangemi Virginia e Ranzo Patrizia, a cura di, *Il governo del progetto; la tecnologia per la formazione dell'architetto*, edizioni Luigi Parma, Bologna, 1987.
- Giedion Sigfried, *Spazio tempo e architettura* (1941), tr. it. Hoepli, Milano, 1981.
- Fanelli Giovanni, Gargiani Roberto, *Storia dell'Architettura Contemporanea*, Laterza, Bari, 1998.
- Fanelli Giovanni e Gargiani Roberto, *Il principio del rivestimento*, edizioni Laterza, 1994.
- Losasso Mario, *La casa che cambia. Progetto e innovazione tecnologica nell'edilizia residenziale*, edizioni Clean, Napoli, 1997.
- Losasso Mario, a cura di, *Progetto e innovazione. Nuovi scenari per la costruzione e la sostenibilità del progetto architettonico*, edizioni Clean, Napoli, 2005.
- Maldonado Thomas, *Il futuro della modernità*, Feltrinelli, Milano, 1987
- Nardi Guido, *Progettazione architettonica per sistemi e componenti* Ricerche di tecnologia dell'architettura, Franco Angeli Editore, Milano, 1977.
- Nardi Guido, *Le nuove radici antiche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1986.

- Nardi Guido, Andrea Campioli, Anna Mangiarotti, *Frammenti di coscienza tecnica. Tecniche esecutive e cultura del costruire*, edizioni Franco Angeli, Milano, 1994.
- Nardi Guido, *Percorsi di un pensiero progettuale*, edizioni Libreria Clup, Milano, 2003.
- Pone Sergio, *L'idea di struttura. L'innovazione tecnologica nelle coperture di grande luce da Freyssinet a Piano*, edizioni Franco Angeli, Milano, 2005.
- Schittich, Christian (a cura di), *Involucri edilizi. Progetti, strati funzionali, materiali*, Monaco -Basilea, Detail - Birkhäuser, 2003.
- Toricelli Maria Chiara, Romano Del Nord, Paolo Felli, *Materiali e tecnologie dell'architettura*, edizioni Laterza, Firenze, 2001.
- Vitale Augusto, Ascione Paola, Falotico Antonella, Perriccioli Massimo, Pone Sergio, *Argomenti per il costruire contemporaneo*, Franco Angeli Editore, Milano, 1995.
- Zambelli Ettore, Vanoncini Pietro A., Imperadori Marco, *Costruzione stratificata a secco. Tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto*, Maggioli Editore, 1998.

### **Libri monografici**

- Buchanan Peter, *L'opera completa di Renzo Piano*, edizioni Umberto Allemandi, Londra, 2000.
- Piano Renzo, *Giornale di Bordo*, Passigli editore, 1997.
- Thomas Herzog, *Architecture + Technology*, Prestel, Monaco, 2002.

### **Testi riguardanti le facciate ventilate**

- Bazzocchi Frida, a cura di, *Facciate ventilate. Architettura, prestazioni e tecnologia*, Alinea, Firenze, 2002.
- Herzog Thomas, Krippner, R., Lang W. *Atlante delle facciate*, UTET, Torino, 2004.
- Lucchini Angelo, *Le pareti ventilate*, Il Sole 24 Ore, Milano, 2000.

### **Testi sull'uso della terracotta in architettura**

- Acocella Alfonso, *Involucri in cotto*, Edizioni Sannini Impruneta, Ferrone (FI), 2000.

Toraldo di Francia Cristiano, a cura di, *Arte e tecnica delle superfici verticali in cotto*, Zanardi Editore, 2002.

Torricelli Maria Chiara, (a cura di), *Il manuale delle pareti in elementi forati di laterizio*, Edizioni Laterservice, Roma, 1996.

### **Atti del convegno e ....**

Vittoria Edoardo, "Le regole del gioco" in atti del convegno Architettura e industrializzazione, Cosimo Carlo Buccolieri (a cura di), *L'officina dell'architetto*, edizione Ente Fiere di Bologna/SAIEDUE, Bologna, ottobre 1985.

Laner Franco, *RDB, Facciata ventilata*, in "Le performance energetiche degli edifici, Atti del Convegno, RDB, Pontenure (PC), 1999.

### **Riviste monografiche**

"Involucri tecnologici", *Costruire in laterizio*, n°113, settembre-ottobre 2006.

"Ceramica (1)", *Tectonica*, n°15,

### **Articoli da riviste**

Aa.Vv.\_Campioli Andrea, Fiori Leonardo, Acocella Alfonso, "L'evoluzione del laterizio e della terracotta nell'involucro degli edifici, in tecnologia e architettura. Pareti ventilate: una scelta per il 2000" in *Costruire*, novembre 1998.

Balocco Carla, Bazzocchi Frida, Nistri Primerose, "Facciata ventilata in laterizio: tecnologia e prestazioni", in *Costruire* n°83, settembre-ottobre 2001.

Boyer Charles-Arthur, "Citè Internazionale, Lione" in *Domus* n°784 luglio 1996.

Bologna Roberto, "Permanenza e temporaneità del costruire in una prospettiva sostenibile" in *Costruire in laterizio* n°65, 1998.

Bottero Bianca, "T. Herzog, abitazioni sociali in Holzstrasse, Linz, Austria" in *Costruire* n°89, 2002.

Bugatti Angelo, "Vestito di nuovo" in *Costruire* n°212, gennaio 2001.

Campioli Andrea, "Connessioni", *Costruire in laterizio* n° 76, 2000.

Campioli Andrea, "Dal 'cotto' al 'laterizio'", in *Costruire in laterizio* n°83, 2001.

- Campioli Andrea, “Le due culture”, in *Costruire in laterizio* n°84, 2001.
- Campioli Andrea, “Pelli in clinker”, *Costruire in laterizio* n° 85, 2002.
- Campioli Andrea, “Dettaglio discreto”, *Costruire in laterizio* n° 87, 2002.
- Campioli Andrea, “Dal vetro al laterizio”, *Costruire in laterizio* n° 88, 2002.
- Ciampi Mario, Leccese Francesco, Tuoni Giuseppe, “Sull’impiego delle pareti ventilate per la riduzione dei carichi termici estivi”, in *Costruire in laterizio* n°89, 2002.
- Fromont Françoise, “vertus du compromis”, in *l’architecture d’aujourd’hui* n°308, dicembre 1996.
- Gregoriani E., “I rivestimenti esterni a secco : innovazione e qualità”, in *Nuovo Cantiere*, novembre 1997.
- Grosso M., “La ventilazione naturale per il raffrescamento”, in *L’Architettura naturale*, n°15, aprile/giugno 2002.
- Losasso Mario, “Le facciate ventilate in cotto” dossier, in *Costruire* n°249, 2004.
- Menicali Umberto, “Facciate ventilate in cotto. Il paramento è da forno”, in *Costruire* n°252, 2004.
- Toricelli Maria Chiara, “Renzo Piano Building Workshop. Banca Popolare di Lodi” in *Costruire* n°71, 1999.
- Toricelli Maria Chiara e Manzi Lucia, “Le facciate ventilate in cotto di Renzo Piano” in *Costruire* n°71, 1999.
- Zohlen Gerwing, “La ricostruzione di Potsdamer Platz, Berlino” in *Domus* n°815, maggio 1999.
- Balocco Carla, “A simple model to study ventilated facades energy performance”, in *Energy and Buildings* n°34 2002.

### **Principali siti di riferimento nel World Wide Web**

[www.costruire.it](http://www.costruire.it)

[www.edilbase.it](http://www.edilbase.it)

[www.edilportale.it](http://www.edilportale.it)

[www.facciateventilate.it](http://www.facciateventilate.it)

[www.infobuild.it](http://www.infobuild.it)

[www.merlo-brise-soleil.it](http://www.merlo-brise-soleil.it)

[www.shuco.it](http://www.shuco.it)

### **Produttori di elementi in terracotta e laterizio**

[www.cottoimprunetino.it](http://www.cottoimprunetino.it)

[www.sanmarco.it](http://www.sanmarco.it)  
[www.sannini.it](http://www.sannini.it)  
[www.stoneitaliana.it](http://www.stoneitaliana.it)  
[www.terreal.com](http://www.terreal.com)  
[www.siailaterizi.it](http://www.siailaterizi.it)

#### **Produttori di facciate ventilate**

[www.aliva.it](http://www.aliva.it)  
[www.alucobond.it](http://www.alucobond.it)  
[www.faveton.com](http://www.faveton.com)  
[www.moeding.de](http://www.moeding.de)  
[www.rdb.it](http://www.rdb.it)  
[www.nbk.de](http://www.nbk.de)  
[www.technorinvestimenti.it](http://www.technorinvestimenti.it)

#### **Aziende produttrici di componenti e strutture per facciate ventilate**

[www.almer.it](http://www.almer.it)  
[www.dallera.it](http://www.dallera.it)  
[www.icmicarpenteria.it](http://www.icmicarpenteria.it)  
[www.techlever.it](http://www.techlever.it)  
[www.docipa.it](http://www.docipa.it)

#### **Istituti di certificazione, ricerca e sperimentazione**

[www.aedilitia.it](http://www.aedilitia.it).cnr

sito guida e di orientamento per la Marcatura CE per i prodotti da costruzione

[www.cercebo.it](http://www.cercebo.it)

Centro Ceramico Bologna: centro di ricerca e sperimentazione per l'industria ceramica (consorzio universitario) accreditato per il rilascio di certificazioni di qualità, marchio di conformità e attività di assistenza all'industria ceramica (analisi chimiche, prove di laboratorio, sviluppo prototipi componenti, analisi e controlli delle emissioni gassose da stabilimenti ceramici, degli scarichi idrici, degli inquinanti dei materiali

[www.csi-spa.com](http://www.csi-spa.com)

Centro di Certificazione e Analisi comportamentale

[www.giordano.it](http://www.giordano.it)

Organismo notificato CEE per il rilascio di certificazioni di prodotto e per la ricerca.

[www.istec.cnr.it](http://www.istec.cnr.it)

Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici.

[www.itc.cnr.it](http://www.itc.cnr.it)

Istituto per le Tecnologie delle Costruzioni: svolge attività di ricerca applicata, certificazione e formazione nel settore della costruzione.