

Mario Botta • Pietro Carlo Pellegrini • Paolo Zermani

Alberto Ferlenga • Studiomas • Tomas Ghisellini Architetti

Fabrizio Chella – ZEDA+, Agnese Damiani, Pasqualino Grifone

# 160

# Scuola Italia



Tecniche Nuove S.p.A.  
via Eritrea, 21  
20157 Milano (Mi)  
tel. 02 39090.1

Organo ufficiale  
dell'Associazione Nazionale  
Degli Industriali dei Laterizi  
via Alessandro Torlonia 15  
00161 Roma  
[www.laterizio.it](http://www.laterizio.it)

Poste Italiane S.p.A.  
Spedizione in abbonamento  
postale DL 353/2003  
(conv. in legge il 27.02.2004  
n. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

ISSN 0394 - 1590  
Dicembre 2014  
Anno XXVII  
Rivista bimestrale  
Contiene I.P.

## SOMMARIO

- NEWS**  
4 a cura di Roberto Gamba
- PRODOTTI**  
6 a cura della redazione
- PANORAMA**  
7 a cura della redazione
- IN PRIMO PIANO**  
10 **Mario Botta**  
Facoltà di Biologia e Biomedicina a Padova  
*Alberto Ferraresi*
- EDITORIALE**  
14 Nella scuola si gioca il futuro  
*Leopoldo Freyrie*
- PROGETTI**  
16 **Pietro Carlo Pellegrini**  
Scuola media nella ex fornace a Riccione, Rimini  
*Roberto Gamba*
- 22 **Paolo Zermani**  
Scuola materna ed elementare a Noceto, Parma  
*Alberto Ferraresi*
- 28 **Alberto Ferlenga**  
Scuola a Mirandola, Modena  
*Massimo Ferrari*
- 34 **Studiomas**  
Scuola dell'infanzia a Veduggio, Treviso  
*Chiara Testoni*
- 38 **Tomas Ghisellini Architetti**  
Scuola primaria a Cenate Sotto, Bergamo  
*Igor Maglica*
- 42 **Fabrizio Chella – Zeda+ Agnese Damiani Pasqualino Grifone**  
Nido comunale a Torre de' Passeri, Pescara  
*Adolfo F. L. Baratta*
- L'INTERVISTA**  
46 La scuola esige qualità  
*Alfonsina Angela Di Fusco*
- NORMATIVA**  
48 L'accessibilità negli edifici scolastici.  
Un'occasione per progettare la qualità  
*Luca Marzi*
- TECNOLOGIA**  
54 Ricostruzione post-sisma della scuola  
di San Giacomo delle Segnate  
*Flavio Mosele*
- RICERCA**  
60 Teenergy Schools. Efficienza energetica  
per le scuole del Mediterraneo  
*Rosa Romano*
- 66 INNOVance anche per l'edilizia scolastica:  
la rivoluzione dell'information management  
*Alberto Pavan, Bruno Daniotti,  
Sonia Lupica Spagnolo, Vittorio Caffi*
- DETTAGLI**  
72 Una scuola di mattoni  
*Andrea Campioli*
- RECENSIONI**  
76 a cura di Roberto Gamba

**Direttore responsabile/Editor-in-chief**  
Giuseppe Nardella

**Direzione editoriale/Editorial direction**  
Luigi Di Carlantonio – e-mail: costruire@laterizio.it tel. +39 (0)644236926

**Redazione/Editorial office**  
Livia Randaccio (responsabile)  
e-mail: livia.randaccio@tecnichenuove.com - tel. +39 (0)2 39090354  
Monica Iezzi - e-mail: monica.iezzi@tecnichenuove.com  
tel. +39 (0)2 39090232 - fax +39 (0)2 39090332

**Comitato di redazione/Editorial Board**  
Adolfo F. L. Baratta, Lorenzo Bari, Veronica Dal Buono, Roberta Cristallo,  
Alfonsina Di Fusco, Elisa Di Giuseppe, Alberto Ferraresi, Roberto Gamba,  
Rosario Gulino, Igor Maglica, Chiara Testoni

**Comitato scientifico/Scientific Advisory Board**  
Alfonso Acocella (Università di Ferrara), Andrea Campioli (Politecnico di Milano),  
Jean Luc Chevalier (CSTB Parigi), Marco D'Orazio (Università Politecnica delle Marche,  
Ancona), Manuel Garcia Roig (ETSAM Madrid), Zheng Shilling (Tongji University  
Shanghai), M. Chiara Torricelli (Università di Firenze)

**Comitato direttivo/Managing Board**  
Luigi Di Carlantonio (Presidente), Guelnaz Atila, Vincenzo Briziarelli, Mario Cunial,  
Fernando Cuogo, Roberto Danesi, Fabrizio Fantini, Gianni Meneghini, Antonio Soliani

**Direzione commerciale/Sales manager**  
Cesare Gnocchi - e-mail: cesare.gnocchi@tecnichenuove.com

**Coordinamento stampa e pubblicità/Printing and advertising coordination**  
Fabrizio Lubner (responsabile)  
Debora Malatino - tel. +39 (0)2 39090263

**Grafica, disegni e impaginazione/Graphics, drawings and layout**  
Grafica Quadrifoglio srl - Milano

**Hanno collaborato a questo fascicolo/Contributors to this edition**  
Adolfo F. L. Baratta, Vittorio Caffi, Andrea Campioli, Bruno Daniotti,  
Alfonsina Angela Di Fusco, Alberto Ferraresi, Massimo Ferrari, Leopoldo Freyrie,  
Roberto Gamba, Antonio Libbra, Igor Maglica, Flavio Mosele, Alberto Pavan,  
Rosa Romano, Sonia Lupica Spagnolo, Chiara Testoni.

**Abbonamenti/Subscriptions**  
Luisa Branchi (responsabile) e-mail: luisa.branchi@tecnichenuove.com  
Alessandra Caltagirone, e-mail: alessandra.caltagirone@tecnichenuove.com  
Domenica Sanrocco, e-mail: domenica.sanrocco@tecnichenuove.com  
tel. +39 (0)2 39090440 - fax +39 (0)2 39090335  
e-mail: abbonamenti@tecnichenuove.com

Tariffe per l'Italia: cartaceo annuale € 37,00;  
cartaceo biennale € 65,00; digitale annuale € 27,00.  
Tariffe per l'Estero: digitale annuale € 27,00.  
Per abbonarsi a Costruire in Laterizio è sufficiente versare l'importo sul conto corrente  
postale n. 394270 - oppure a mezzo vaglia o assegno bancario intestati a Tecniche Nuove  
Spa - Via Eritrea 21 - 20157 Milano.  
Gli abbonamenti decorrono dal mese successivo al ricevimento del pagamento.  
Costo copia singola € 1,50 (presso l'editore, fiere e manifestazioni)  
Abbonamento digitale € 27,00.

**Ufficio commerciale - vendita spazi pubblicitari/  
Commercial department - sale of advertising spaces**  
Tecniche Nuove S.p.A. - Milano - Via Eritrea, 21  
tel. +39 (0)2 39090283 - +39 (0)2 39090272  
fax +39 (0)2 39090411 - e-mail: commerciale@tecnichenuove.com

**Uffici regionali/Regional offices**  
Bologna - Via di Corticella 181/3 - tel. +39 (0)5 1325511 - fax +39 (0)5 1324647  
Vicenza - Contrà S. Caterina, 29 - tel. +39 (0)44 4540233 - fax +39 (0)44 4540270

**Stampa/Printing**  
Litorama - Via Quaranta, 44 - Milano

**Responsabilità/Responsibility**  
La riproduzione delle illustrazioni e articoli pubblicati dalla rivista, nonché la loro traduzione  
è riservata e non può avvenire senza espressa autorizzazione della Casa editrice. I mano-  
scritti e le illustrazioni inviati alla redazione non saranno restituiti, anche se non pubblicati  
e la Casa editrice non si assume responsabilità nel caso di eventuali errori contenuti negli  
articoli pubblicati o di errori in cui fosse incorsa nella loro riproduzione sulla rivista.

**Periodicità/Frequency of publication:** bimestrale - Poste Italiane Spa - Spedizione in abbo-  
namento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in 27/02/2004 - n. 46) art. 1, comma 1, DCB Milano

**Dichiarazione dell'Editore:**  
La diffusione di questo fascicolo carta + on line è di 26.003 copie

**Registrazione/Registration:** n. 869 del 18/12/1987 - Tribunale di Milano -  
Iscritta al ROC Registro degli Operatori di Comunicazione al numero 6419 (delibera  
236/01/Cons. del 30/6/01 dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni).



**Divisione edilizia e costruzioni**

- Costruire in laterizio
- Il commercio edile
- www.clickthebrick.it
- Il nuovo cantiere
- Imprese edili
- www.edilizianews.it
- Macchine edili
- Noleggio
- Progettare architettura
- Serramenti+Design
- città territorio

**Tecniche Nuove pubblica le seguenti riviste/  
Tecniche Nuove publishes the following magazines:**  
AE Apparecchi Elettrodomestici, Arredo e Design, Automazione Integrata, Backstage, Bagno Design, Bitech,  
Commercio Idrotermosanitario, Computer Music Studio, Cosmesi in farmacia, Costruire in Laterizio, Cucina  
Naturale, DM Il Dentista Moderno, Eletto, Estetica Medica, Estetica Moderna, Farmacia News, Fluid Trasmissioni di  
Potenza, Fonderia - Pressofusione, GEC Il Giornale del Cartolaio, Global Heating and Cooling, Global  
Metalworking, Griffe Collection, Griffe, GT Il Giornale del Termoidraulico, HA Household Appliances, Hotel Domani,  
Il Commercio Edile, Il Latte, Il Nuovo Cantiere, Il Pediatra, Il Progettista Industriale, Il Tuo elettrodomestico,  
Imbottigliamento, Impianti Solari, Imprese Edili, Industria della Carta, Italia Grafica, Kosmetica, L'Igienista  
Moderno, La tua farmacia, Laboratorio 2000, Lamiera, L'Erborista, L'Impianto Elettrico & Domotico, Logistica, Luce  
& Design China, Luce e Design, Macchine Agricole, Macchine Alimentari, Macchine Edili, Macchine Utensili,  
Medicina Naturale, Nautech, NCF Notiziario Chimico Farmaceutico, Noleggio, Oleodinamica Pneumatica  
Lubrificazione, Organi di Trasmissione, Ortopedici e Sanitari, Plastix, Porte & Finestre, Progettare Architettura -  
Città - Territorio, RCI, Serramenti + Design, Stampi Progettazione e Costruzione, Strumenti Musicali, Subfornitura  
News, Technofashion, Tecnica Calzaturiere, Tecnica Ospedaliera, Tecnologie del Filo, Tema Farmacia, TF  
Trattamenti e Finiture, Utensili & Attrezzature, VQ - Vite, Vite, Vite & Qualità, Watt Elettrodomestici, ZeroSottoZero

Se volete comunicare con la nostra redazione l'indirizzo di posta elettronica è:  
[costruireinlaterizio@tecnichenuove.com](mailto:costruireinlaterizio@tecnichenuove.com) - <http://www.tecnichenuove.com>

In copertina: **Complesso Scolastico Integrato a Roma, Herman Hertzberger + Marco  
Scarpinato** (foto © Duccio Malagamba)

Rosa Romano\*

# Teenergy Schools. Efficienza energetica per le scuole del Mediterraneo

“Teenergy Schools” è una ricerca europea co/finanziata dal programma europeo Med, con otto partner di quattro differenti nazioni strategiche dell’area mediterranea per individuare nuove soluzioni tecnologiche energeticamente efficienti per gli edifici scolastici

**KEYWORDS** Edifici scolastici, Efficienza energetica, Energy Audit, Architettura Sostenibile

“Teenergy Schools”<sup>1</sup> è una ricerca europea co/finanziata dal programma europeo Med<sup>2</sup> che ha coinvolto otto partner<sup>3</sup> provenienti da quattro nazioni strategiche dell’area mediterranea (Italia, Spagna, Grecia e Cipro). Il progetto di ricerca è stato finalizzato alla definizione di metodologie comuni di rilievo e analisi energetica che permettessero di determinare un benchmark del patrimonio edilizio scolastico esistente con l’obiettivo di valutare, successivamente, quali potevano essere le soluzioni tecnologiche adatte a costruire nuovi edifici scolastici a energia zero o attuare, in chiave energeticamente efficiente, interventi di ristrutturazione energetica.

L’attività scientifica condotta nell’ambito della ricerca ha permesso di creare una piattaforma ICT comune tra i partner del progetto, destinata a raccogliere i dati relativi al monitoraggio energetico degli edifici scolastici e condividere le riflessioni sulle strategie progettuali individuate, che sono state poi riassunte in cinque brochure tematiche ed in una raccolta di Linee guida progettuali pubblicate online.

Nell’ambito della ricerca sono stati sviluppati dei metodi semplificati di valutazione in merito ai consumi relativi a: riscaldamento, energia elettrica ed emissioni di CO<sub>2</sub>. I risultati hanno permesso di confrontare le prestazioni di 71 edifici scolastici collocati nelle quattro nazioni interessate dalla ricerca e nelle diverse condizioni climatiche di riferimento per l’area mediterranea: clima caldo delle zone costiere; clima freddo delle aree geografiche collocate in montagna e clima temperato per gli edifici realizzati in pianura.

Le fasi operative del progetto sono state caratterizzate dalle seguenti azioni strategiche:

- attività di Energy Audits e benchmark per paragonare le performance energetiche dei diversi edifici scolastici e definire un MED Action Plan da utilizzare anche per le nuove costruzioni;
- elaborazione di dodici progetti pilota, attraverso l’organizzazione di 3 workshops tematici (Limassol, novembre 2009 “Bioclimatic Architecture”; Trapani, febbraio 2011 “Indoor Comfort”; Granada, maggio 2011 “Passive cooling”) e un workshop internazionale ad Atene per sperimentare e pro-

## Teenergy School. High energy efficient schools in the Mediterranean Area

**KEYWORDS** School Buildings, Energy Efficiency, Energy Audit, Sustainable Architecture

The Teenergy Schools project has successfully implemented a Multi-Issues Platform as an interactive Network for the gathering of a common data base and the dissemination of best practices regarding energy efficient retrofitting and new building of secondary schools in the Mediterranean climate context.

The Project has operated from 2009 to 2011 in four countries of the Mediterranean (Italy, Spain, Cyprus and Greece) and has pointed out the lack of energy saving benchmarks targeted to south Europe climatic conditions and the low energy efficiency of existing school

buildings taking into account not only heating but also cooling needs. Based on the experimentation of energy saving techniques, integration of innovative materials and renewable energies, including passive cooling for reducing costs and consumption in the school buildings, a common Action Plan, Guidelines and 12 Pilot Projects have been developed in close collaboration between all territorial and scientific partners, the pupils of the schools throughout direct participation and the involvement of post graduate students during three international Workshops and a one week Campus session.

muovere nuove soluzioni progettuali per il raffrescamento passivo, l'illuminazione e la ventilazione naturale, l'uso di energie rinnovabili e di soluzioni di involucro massive come quelle in laterizio;

- creazione di un network transnazionale tra i partner (Amministrazioni Pubbliche, Università ed Amministrazioni scolastiche), coinvolgendo gli studenti nelle fasi di monitoraggio e progettazione dei nuovi edifici scolastici;
- sinergia con operatori privati, installatori e aziende leader del settore edilizio, al fine di favorire l'innovazione tecnologica e lo sviluppo di nuovi settori di produzione industriale;
- raccolta e diffusione dei risultati con l'obiettivo di migliorare la conoscenza sul risparmio energetico, sugli standard da utilizzare e, nel medio termine, integrare e ottimizzare le politiche energetiche europee e nazionali inerenti gli edifici scolastici del bacino del Mediterraneo.

Il centro Interuniversitario ABITA e la Provincia di Lucca (capofila del progetto) si sono parallelamente impegnati nella realizzazione di progetti per la costruzione di nuovi edifici scolastici (Liceo scientifico Majorana a Capannori, Liceo scientifico Barsanti a Viareggio e Istituto tecnico professionale a Castel Nuovo Garfagnana), e nella ristrutturazione energetica di alcuni degli edifici esistenti (Liceo scientifico Vallisneri e Istituto tecnico commerciale Carrara a Lucca).

In generale, la ricerca ha consentito di sperimentare nuove soluzioni tecnologiche e impiantistiche che permettessero di sviluppare progetti di nuova costruzione e riqualificazione, energeticamente appropriati alle necessità delle scuole dell'area mediterranea; evitando di importare soluzioni e tecnologie dal nord Europa, poco appropriate a risolvere le problematiche termoigrometriche di una zona geografica nella quale, più che proporre soluzioni di iperisolamento termico, si deve riflettere sulla necessità di sperimentare strategie che incrementino l'inerzia termica dell'involucro e favoriscano la ventilazione e l'illuminazione naturale degli spazi confinati, per ridurre i consumi energetici legati ai fenomeni di surriscaldamento nei periodi autunnali ed estivi.

La valutazione del rendimento energetico e la certificazione energetica degli edifici pubblici sono necessari in tutti gli Stati Europei come risposta alle indicazioni della Direttiva Europea<sup>4</sup> che impone parametri più restrittivi per gli edifici gestiti dagli apparati statali, che devono diventare esemplari per la dimostrazione di interventi di ristrutturazione energetica o nuova costruzione. Con la nuova Direttiva EU 2010/31 gli obiettivi sono diventati ancora più ambiziosi, puntando alla realizzazione di edifici pubblici a energia zero a partire dal 2018. La progettazione dei nuovi edifici scolastici diventerà laboratorio di sperimentazione tecnologica nell'ambito del quale sarà possibile dimostrare i benefici dell'efficienza energetica e dell'integrazione di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili sia tra gli studenti che tra le loro famiglie. (fig.1, 2)



1. Cover delle Linee Guida "Teenergy School".

02  
02.01
**Materiali e Tecnologie Costruttive**  
Tamponamenti in laterizio



Fig. 09 - International School, Torino

**Descrizione della strategia**  
La maggior parte degli edifici scolastici realizzati a partire dagli anni settanta (periodo di emanazione del DM 18-12-1975 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica"), è caratterizzata da struttura in cemento armato e tamponamenti in laterizio a vista o (più frequentemente) intonacato. Il laterizio è ancora uno dei materiali più utilizzati in Italia, sottoposto a continua ricerca soprattutto nella sperimentazione di involucri performanti per gli edifici pubblici (come le scuole), sia per le caratteristiche tecniche intrinseche, che per il senso di identità e di appartenenza che una costruzione in laterizio riesce a dare in un determinato contesto urbano. La peculiarità del materiale consiste nella mediazione tra leggerezza e massa, che lo rende adatto soprattutto nei climi mediterranei. Una muratura in laterizio garantisce la salubrità degli ambienti, la traspirabilità delle superfici, buoni valori di isolamento termico ed acustico. Altre caratteristiche della tecnologia del laterizio sono: la durabilità, la flessibilità (semplicità di posa, semplicità di gestione e di manutenzione, facilità di integrazione degli impianti e degli arredi, ecc.) e, non ultimo l'affidabilità strutturale. Tali peculiarità possono essere esaltate integrando alle pareti in laterizio, intonaci più o meno pesanti, strati di isolamento agglutinati, giunti elastici di desolidificazione, ecc. Uno degli aspetti più importanti nella progettazione di strutture verticali opache per edifici scolastici in clima mediterraneo, è il comportamento in regime estivo, ovvero la capacità che hanno i componenti d'involucro opaco di attenuare i fenomeni dell'irraggiamento estivo. Grazie alle nuove sperimentazioni nel settore, alcuni prodotti in laterizio, come "Fahvelato", possono raggiungere elevati livelli di performance sia in regime invernale che estivo, in virtù delle caratteristiche di isolamento termico, e dell'elevata inerzia termica.

**Obiettivo - Area Mediterranea**  
Utilizzare il laterizio nella progettazione degli edifici scolastici, significa preservare la tradizione costruttiva italiana, nel rispetto delle normative vigenti in tema di ripristino energetico e benessere abitativo, comportamento sismico ed acustico. I tamponamenti in laterizio devono garantire:

- Isolamento acustico;
- Isolamento termico ed inerzia termica;
- Buon comportamento statico;
- Facilità di messa in opera
- sicurezza in cantiere.

**Normativa di riferimento**

**REQUISITI TERMOFISICI**

- UNI EN 1745- Valori relativi alle grandezze termofisiche dei blocchi in laterizio
- UNI EN 1745- Murature e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici di progetto. Nella scelta del tipo di blocco in laterizio si deve far riferimento alla certificazione termica dello specifico blocco, da cui è possibile reperire il valore della conducibilità equivalente dello stesso (λ<sub>eq</sub> w/mk).
- UNI EN 771-1 "Specifiche per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio". I2"

**Pay back period**  
Medio

**Stima del risparmio conseguibile**  
30%

**Grado di miglioramento della qualità ambientale**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Scheda sui tamponamenti in laterizio, estrapolata dalle Linee Guida "Teenergy School"

### Attività di analisi e benchmark

L'analisi condotta nell'ambito del progetto di ricerca è stata fondamentale per definire dei parametri di riferimento per gli edifici destinati a istruzione secondaria collocati nell'area del bacino mediterraneo, rispetto ai quali poter poi individuare delle strategie mirate di intervento e determinare delle classi di efficienza energetica specifiche. Con quest'obiettivo in una prima fase del progetto Teenergy Schools si sono definite le caratteristiche costruttive degli edifici esistenti facendo riferimento all'epoca di costruzione, così da poter procedere ad un'analisi non invasiva dell'organismo edilizio basata sull'analogia costruttiva. Le tre fasce di età individuate sono state le seguenti, edifici costruiti: (a) prima del 1945; (b) tra il 1945 e il 1981; (c) dopo il 1981. L'attività di ricerca è stata quindi strutturata in tre fasi fondamentali: 1) analisi preliminare, attraverso rilievi con termocamera di ognuno degli edifici scolastici e redazione degli audit energetici;

2) simulazione delle strategie adottate per la ristrutturazione energetica degli edifici scelti come caso studio per il workshop di Atene;

3) analisi costi benefici dei risultati raggiungibili attraverso gli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione.

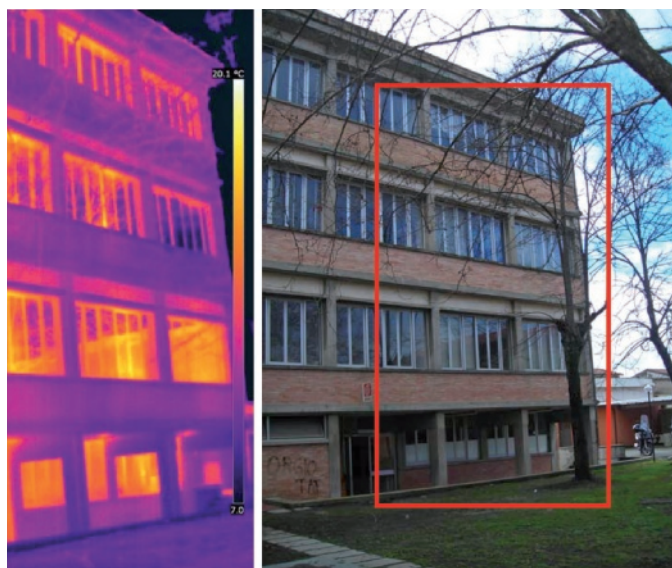
E' stato verificato, con il software Relux, il fattore di illuminamento sul piano di lavoro di un'aula campione per ogni edificio con l'obiettivo di valutare il risparmio raggiungibile mediante la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti e l'applicazione di un sistema di controllo elettronico della luce artificiale.

Con il software di simulazione termica in regime statico Thermus sono state invece calcolate le prestazioni energetiche degli edifici esistenti e da progetto, valutando nello specifico:

- la trasmittanza termica dell'involucro opaco e trasparente ( $U_{wall}$  e  $U_{windows}$ , kWh/m<sup>2</sup>K);
- il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento ( $E_{pi}$ , kWh/m<sup>3</sup>);
- il fabbisogno di energia primaria per l'acqua calda sanitaria ( $E_{acs}$ , kWh/m<sup>3</sup>);
- il fabbisogno di energia primaria globale ( $E_{GI}$ , kWh/m<sup>3</sup>);
- le emissioni di CO<sub>2</sub> ( $E_{m,u}$ , kg/m<sup>3</sup>).

Tutti i dati raccolti nella fase di audit e simulazione sono stati poi elaborati con il foglio di calcolo BENDS, sviluppato dal Politecnico di Torino nell'ambito del progetto di ricerca Europea DATAMINE, che ha permesso di confrontare i dati delle scuole di ognuno dei cinque paesi europei coinvolti nel progetto.

Gli energy audit e le simulazioni energetiche hanno permesso quindi di stimare le caratteristiche energetiche degli edifici per l'istruzione secondaria superiore analizzati durante la ricerca. L'analisi termografica (fig. 3), condotta su ogni edificio scolastico, ha inoltre dimostrato come l'involucro architettonico possa essere la causa maggiore delle dispersioni di energia, per la scarsa resistenza termica dei componenti finestrati, per la presenza di ponti termici, per non idonea coibentazione delle chiusure opache verticali e per la non idonea collocazione dei radiatori

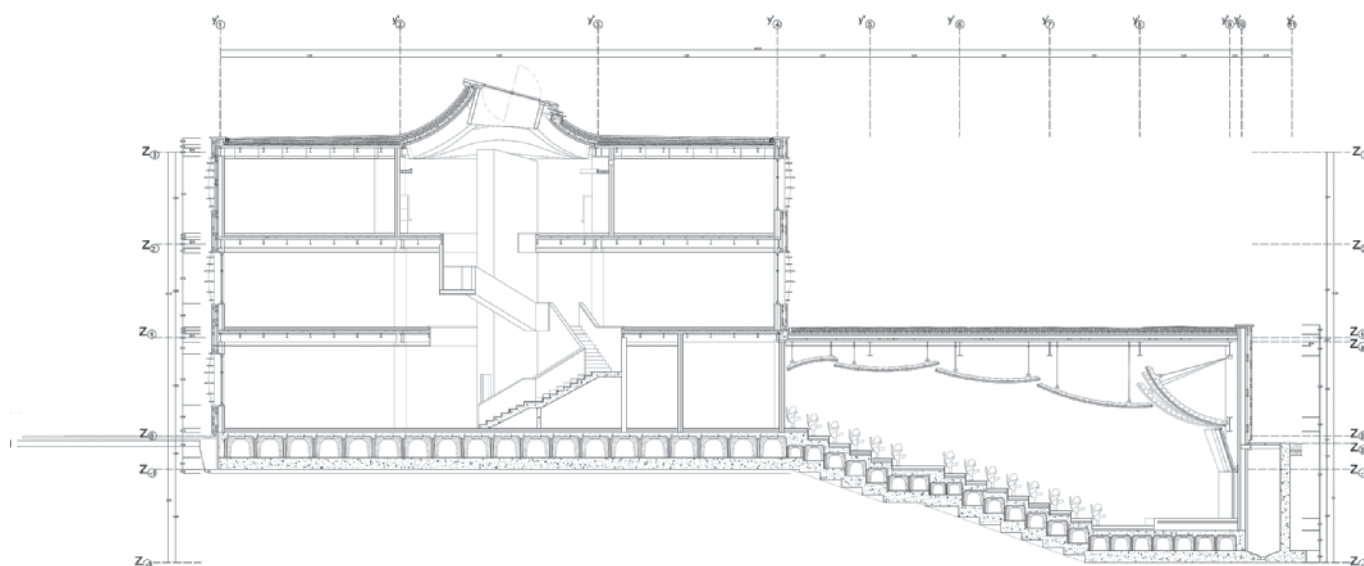


3. Analisi termografica dell'Istituto tecnico Stagio Stagi di Viareggio, con evidenza della scarsa resistenza termica dei componenti finestrati e la presenza di ponti termici materici sulle velette delle finestre.

in corrispondenza delle pareti esterne. I sistemi di distribuzione degli impianti di riscaldamento sono sempre non isolati causando l'inefficienza dell'impianto e spesso la collocazione impropria di ventilconvettori provoca stratificazioni di aria calda in corrispondenza dei solai superiori lasciando la zona occupata degli utenti a temperature molto basse.

### I progetti pilota e le linee guida

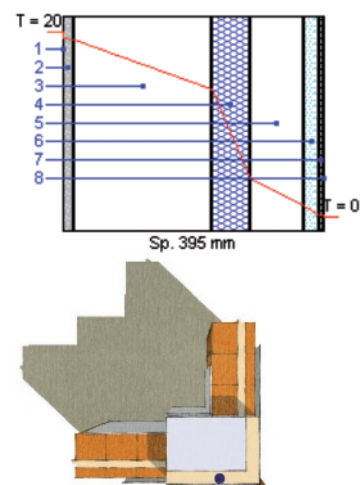
L'attività di analisi e benchmark, come ricordato in precedenza, è servita per conoscere le reali prestazioni energetiche degli edifici scolastici esistenti realizzati negli stati dei partners partecipanti al progetto e individuare, di conseguenza, strategie progettuali efficaci per realizzare interventi di riqualificazione energetica e nuova costruzione capaci di garantire buoni risultati, in termini di consumi energetici e impatto ambientale, per le scuole collocate nella fascia climatica temperata dell'area mediterranea.



4. Sezione longitudinale del Liceo Barsanti Matteucci a Viareggio. (Disegno di Leonardo Boganini).

Descrizione strato	S (mm)	$\lambda$ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	M.S. (kg/m <sup>2</sup> )	P <sub>450*10<sup>12</sup></sub> (kg/msPa)	C.S. (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1 Adduttanza interna	0		7.7			0	0.13
2 Intonaco di calce e gesso	15	0.700	46.66	21.00	18.00	1000	0.021
3 Blocco in laterizio	80	0.209	2.612	69.68	19.30	1000	0.383
4 Polistirene espanso	60	0.033	0.550	2.10	0.940	1200	1.818
5 Blocco in laterizio	210	0.136	0.648	158.97	12.06	1000	1.544
6 Strato d'aria verticale	25	0.150	6.000	0.03	193.00	1008	0.167
7 Alluminio	5	220.000	44000.00	13.50	0.00	900	0.000
8 Adduttanza esterna	0		25.000			0	0.040

Tabella 1. Analisi delle prestazioni energetiche della parete di tamponamento del Liceo Majorana.



5. Stratigrafia della parete di tamponamento.

Il progetto si è concluso con le seguenti attività:

*Redazione di una raccolta di Linee guida progettuali*<sup>5</sup>, contenenti delle schede descrittive suddivise in quattro macro-tematiche: 1. Selezione e progetto dell'area; 2. Materiali e soluzioni tecnologiche; 3. Energia prodotta da FER; 4. Sistemi di controllo per il risparmio energetico.

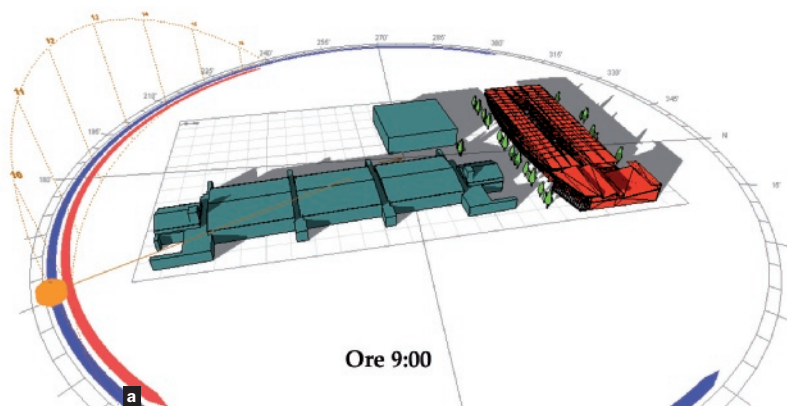
L'obiettivo delle Linee Guida è stato quello di fornire ai progettisti un decalogo di soluzioni che garantissero buone prestazioni termoigrometriche e di comfort per gli edifici scolastici del sud Europa, attraverso una sintetica descrizione della strategia da adottare in funzione delle necessità dettate

da: clima; riferimenti normativi; periodo di ammortamento in termini economici e risparmio energetico raggiungibile in percentuale.

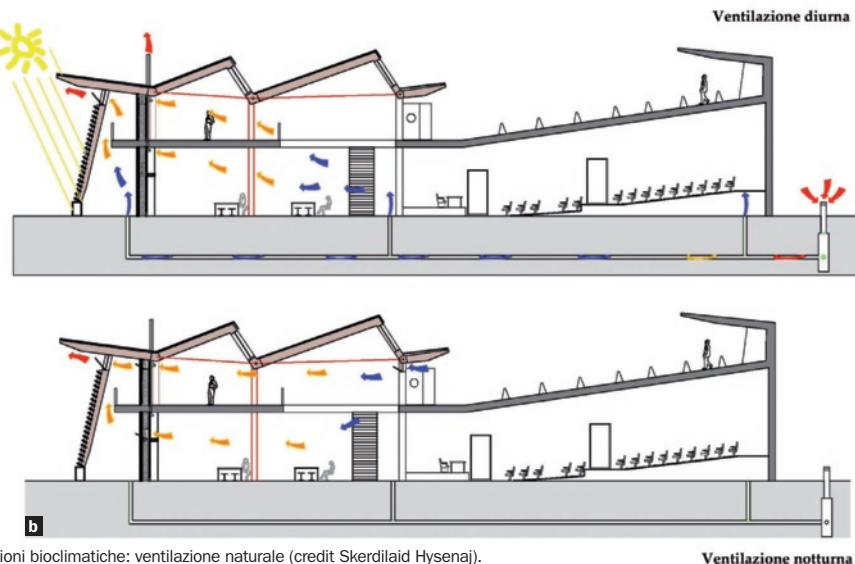
Le chiusure verticali in laterizio sono state inserite tra le soluzioni tecnologiche energeticamente efficienti, in relazione al fatto che le caratteristiche termoigrometriche del materiale garantiscono buone prestazioni termiche per la fascia mediterranea durante tutto l'arco dell'anno, ed in particolare nei mesi con temperature più elevate. La muratura in laterizio assicura: la salubrità degli ambienti; la traspirabilità delle superfici; buoni valori d'isolamento termico<sup>6</sup>, e acustico<sup>7</sup>. Il laterizio



6. Liceo Majorana, Capannori. a) Montaggio dei montanti verticali di sostegno della parete ventilata; b) Prospetto nord con messa in opera delle bocchette per la ventilazione naturale; c) Aula completata; d) Prospetto sud.



7. Istituto Tecnico Simoni Castel Nuovo Garfagnana. a) Analisi dell'ombreggiamento; b) Sezioni bioclimatiche: ventilazione naturale (credit Skerdilaid Hysenaj).



resta inoltre uno dei materiali più utilizzati in Italia per la costruzione di nuovi edifici scolastici ed è spesso scelto come componente edilizio di base caratterizzante nuovi involucri performanti, sia per le sue caratteristiche tecniche intrinseche sia per il forte connotato estetico proprio del materiale, legato al senso di identità e di appartenenza dei contesti urbani di molte città italiane.

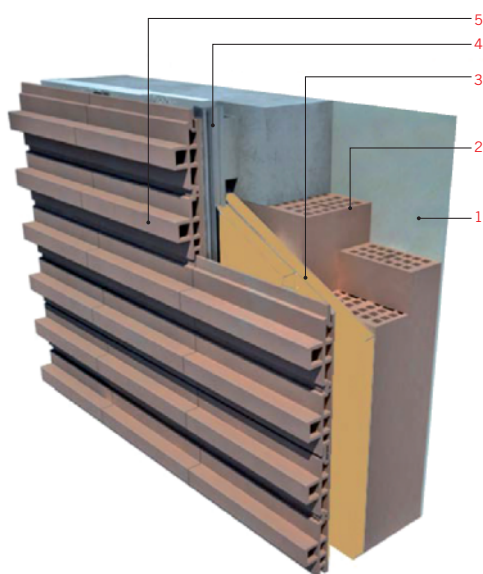
Altre caratteristiche del laterizio sono: la durabilità, la flessibilità (semplicità di posa, semplicità di gestione e di manutenzione, facilità d'integrazione degli impianti e degli arredi, ecc.) e, non ultimo l'affidabilità strutturale<sup>8</sup>. Tali peculiarità possono essere esaltate integrando alle pareti in laterizio, intonaci più o meno pesanti, strati di isolamento aggiuntivi, giunti elastici di desolidarizzazione, ecc.

*Elaborazione di dodici progetti pilota, tre dei quali relativi a edifici di nuova costruzione:* Liceo scientifico Barsanti e Matteucci a Viareggio, Liceo scientifico Majorana a Capannori e Istituto tecnico professionale Simoni a Castel Nuovo Garfagnana. Tutti e tre i progetti sono stati caratterizzati dall'utilizzo d'involucri

con tamponamento opaco in laterizio, adottando soluzioni tecnologiche a basso impatto ambientale ma con elevati requisiti prestazionali (termici, acustici e strutturali).

Nell'Istituto di Viareggio<sup>9</sup>, dovendo garantire ottimi valori d'inerzia termica (12 ore), si è proposto di utilizzare una soluzione d'involucro con tamponamento interno in blocchi di laterizio alleggerito e rivestimento esterno in facciata ventilata con lastre di cotto. Gli elementi modulari in cotto in prossimità delle aperture trasparenti sono stati modellati come schermature fisse, opportunamente orientate e distanziate, così da garantire buoni parametri d'illuminazione naturale all'interno delle aule (fig. 4).

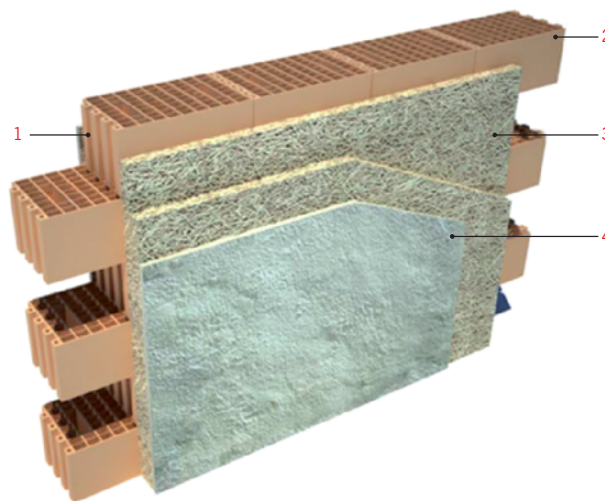
Nel Liceo scientifico Majorana di Capannori l'involucro opaco è stato progettato come una soluzione del tipo a facciata ventilata in doghe di alluminio, caratterizzata dalla realizzazione della muratura interna con blocchi preassemblati costituiti da due elementi in laterizio e interposto isolante termico ad alta densità (fig. 6). Questa scelta tecnologica ha permesso di raggiungere elevate prestazioni in termini di trasmittanza ter-



8. Istituto Tecnico Professionale Simoni. Sezioni bioclimatiche, stratigrafia delle pareti orientate a sud (credit Skerdilaid Hysenaj).

*Legenda*

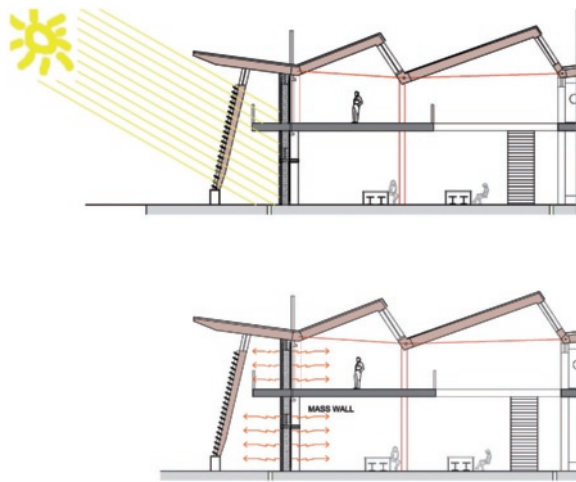
1. intonaco 3 cm
2. blocco in laterizio alleggerito 30 cm
3. isolante esterno in fibre di kenaf 4 + 4 cm
4. sistema di supporto per facciata ventilata 10 x 10 cm
5. finitura con facciata ventilata in cotto



9. Istituto Tecnico Professionale Simoni. Sezioni bioclimatiche, stratigrafia delle pareti orientate a est, ovest e nord (credit Skerdilaid Hysenaj).

*Legenda*

1. intonaco interno 3 cm
2. blocco in laterizio alleggerito 30 cm
3. isolante esterno in fibre di kenaf 4 + 4 cm
4. intonaco esterno 3 cm



10. Istituto Tecnico Simoni, Castel Nuovo Garfagnana. Sezioni bioclimatiche, funzionamento del muro di accumulo (credit Skerdilaid Hysenaj).

mica ( $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), sfasamento (0,05) e inerzia termica (11 h), riducendo la trasmissione di calore dall'interno dell'edificio verso l'esterno nei mesi invernali ed evitando il surriscaldamento degli ambienti confinati nei mesi estivi. La scelta di adottare degli elementi in laterizio preassemblati ha permesso, inoltre, di ridurre i tempi di messa in opera<sup>10</sup> (tab. 1).

Nel progetto per l'ampliamento dell'Istituto Tecnico professionale Simoni a Castel Nuovo Garfagnana<sup>11</sup> (fig. 7), caratterizzato dalla scelta di adottare solo soluzioni a basso impatto ambientale, è stato deciso di utilizzare: un sistema di tamponamento in blocchi di laterizio con facciata ventilata in cotto per la parete sud (fig. 12); muri in blocchi di laterizio con isolamento a cappotto per le pareti nord, ovest, est (fig. 9). Il muro di accumulo della serra del fronte sud è stato inoltre progettato come un sistema di chiusura interna verticale realizzabile con pannelli modulari prefabbricati in argilla e paglia, così da massimizzare lo sfruttamento passivo dell'energia solare negli spazi confinati. (fig. 10)

## Conclusioni

Il progetto Teenergy Schools ha permesso di riflettere sulle potenzialità, in termini di risparmio energetico ed impatto ambientale, date dagli interventi di riqualificazione energetica e nuova costruzione degli edifici scolastici del sud Europa, dove adottando soluzioni tecnologiche d'involucro adegua-

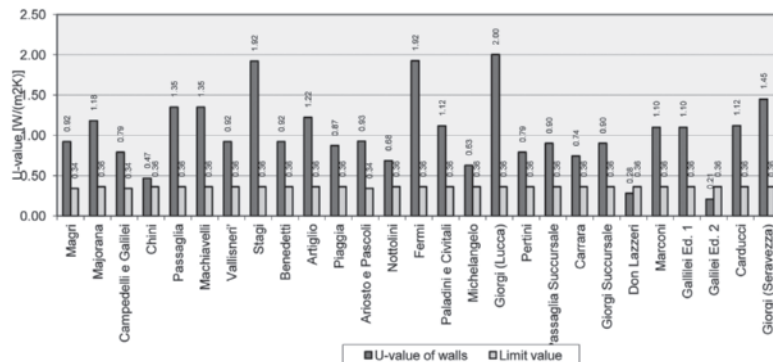


Grafico 1. U-value dell'involucro opaco verticale, Lucca.

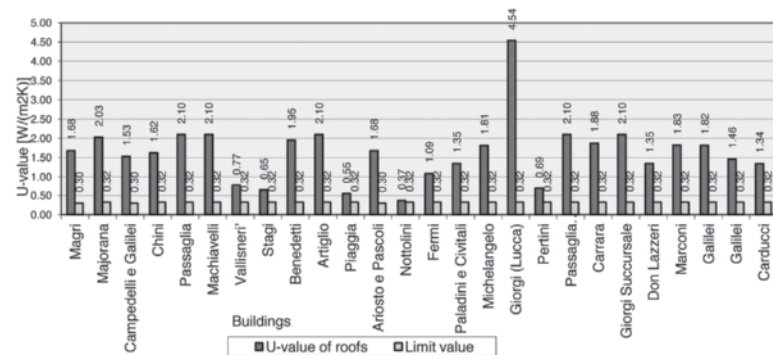


Grafico 2. U-value dell'involucro opaco orizzontale, solaio superiore, Lucca.

te si possono ridurre i consumi di combustibile fossile per il riscaldamento ed il raffrescamento, proponendo soluzioni per la captazione solare passiva e la ventilazione naturale, che risultano più efficaci in aree geografiche caratterizzate da stagioni intermedie sempre più lunghe e calde. L'analisi degli edifici esistenti e le simulazioni dei risparmi raggiungibili con le diverse strategie proposte, dimostrano come le soluzioni di chiusura verticale ed orizzontale caratterizzate da massa e inerzia termica sono quelle più adeguate per garantire buone condizioni di comfort indoor e permettere l'integrazione di impianti a basso consumo, come i sistemi radianti a soffitto o a pavimento, limitando i costi di gestione, ed anche di manutenzione (grazie a durabilità e resistenza dei materiali di tamponamento opaco quali il laterizio) durante il ciclo di vita dell'edificio scolastico.

\* Rosa Romano

Architetto, PhD, Assegnista di Ricerca, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze

## Note

1. <http://teenergy.commpla.com>
2. Il Programma Med riguarda la cooperazione dell'intera area mediterranea, incorporando in un unico programma gli INTERREG III B MEDOCC e ARCHIMED della precedente programmazione. Il carattere distintivo del programma è nella sua area, che include regioni aperte al resto del mondo attraverso la costa mediterranea, ma tuttavia "periferiche" all'interno dell'Unione europea. Obiettivo generale del programma è rendere l'intero spazio mediterraneo un territorio capace di competere con i competitor internazionali al fine di assicurare crescita e occupazione per le prossime generazioni e supportare la coesione territoriale ed intervenire attivamente per la salvaguardia dell'ambiente in una logica di sviluppo sostenibile.
3. Centro di Ricerca Interuniversitaria ABITA, Provincia di Granada, Provincia di Lucca, Università di Cipro, ARPA Sicilia, Provincia di Trapani, Provincia di Atene, Università di Atene.
4. Direttiva EU 2002/91 e 2010/31
5. Teenergy Guidelines, <http://teenergy.commpla.com/content/teenergy-guidelines>
6. Il comportamento termico di una chiusura verticale in laterizio non dipende soltanto dallo spessore ma anche, e in modo determinante, dalle caratteristiche degli elementi utilizzati e dal tipo di giunto realizzato. Le prestazioni termiche dei blocchi in laterizio sono certificate tramite la marcatura CE, che definisce il valore di resistenza del singolo blocco e non della muratura costruita con tale blocco. La malta, infatti, ha una conducibilità termica superiore al blocco in laterizio che diminuisce, di un 10% circa, la prestazione dell'intera

parete. È necessario quindi, utilizzare la certificazione termica secondo la UNI EN 1745 dello specifico blocco, e da questo dedurre il valore della conducibilità equivalente della muratura ( $\lambda_{eq} = \text{W/mK}$ ).

7. Nei punti di contatto con la struttura in c.a., si può prevedere un giunto con materiale resiliente, in grado di assorbire le deformazioni della struttura (a causa del sisma) e di impedire il passaggio dell'acqua, dell'aria e dei rumori aerei, oltre a contrastare il trasferimento di energia sonora per vibrazioni meccaniche.
8. Le "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/2008) non fissano specifici requisiti per gli elementi costituenti le murature con funzione non strutturale, prevedendo verifiche alle azioni sismiche limitatamente ai tamponamenti con spessore superiore a 10 cm; il soddisfacimento della prescrizione si ritiene comunque conseguito se si impiegano leggeri reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate ogni 50,0 cm, sia in direzione orizzontale che verticale, ed elementi di armatura orizzontale nei letti di malta ogni 50,0 cm.
9. Il progetto del Liceo Scientifico Barsanti e Matteucci di Viareggio è stato oggetto della tesi di laurea dell'arch. Leonardo Boganini, Relatore: Prof. Marco Sala, A.A. 2008/2009, Università degli Studi di Firenze.
10. R. Romano, Involucro edilizio energeticamente efficiente ed edilizia scolastica. L'ampliamento del liceo scientifico Majorana, Il progetto sostenibile n. 31, (2012), pp. 48-55
11. Il progetto Istituto Tecnico Professionale Simoni a Castel Nuovo Garfagnana è stato oggetto della tesi di Master dell'arch. Skerdilaid Hysenaj, Relatore: Prof. Marco Sala, A.A. 2009/2010, Master ABITA, Università degli Studi di Firenze.