

# Il comportamento energetico-ambientale di involucri in laterizio

DI A. CAMPIOLI, S. FERRARI, M. LAVAGNA

Il Dipartimento di Scienza e Tecnologia dell'Ambiente Costruito (BEST) del Politecnico di Milano ha condotto per conto di ANDIL Assolaterizi una ricerca avente come oggetto alcune valutazioni sulle prestazioni termiche di prodotti in laterizio e sul comportamento energetico-ambientale nel contesto italiano di soluzioni tecniche di involucro massive.

La ricerca "Prestazioni termiche e comportamento ambientale di soluzioni tecniche di involucro in laterizio finalizzate all'efficienza energetica degli edifici" ha avuto fondamentalmente due obiettivi. Da un lato, l'organizzazione di una serie di conoscenze relative sia al comportamento energetico dell'edificio inteso come sistema (restituzione del quadro delle norme sul risparmio energetico in Europa e delle esperienze sulla certificazione energetica degli edifici e individuazione delle principali pratiche tecnico-costruttive che caratterizzano gli edifici a basso consumo energetico costruiti in Europa e in Italia), sia alle prestazioni energetiche dei prodotti edilizi che vanno a comporre l'edificio (indagine sull'offerta produttiva del laterizio, sulle variabili di prodotto, sulla informazione tecnica veicolata dalla marcatura CE). Dall'altro, l'elaborazione di valutazioni del comportamento energetico sia alla scala dei prodotti in laterizio (analisi delle specifiche prestazioni termiche al fine di individuare l'incidenza delle variabili di prodotto sul miglioramento delle prestazioni), sia alla scala della soluzione tecnica di involucro (definizione di una procedura di scelta dei prodotti e verifica delle prestazioni, utile ai progettisti per l'individuazione di soluzioni tecniche adeguate a rispondere al D.Lgs. 192/05 e al D.Lgs. 311/06, e verifica del comportamento di tali soluzioni tecniche in regime dinamico periodico, per il dimensionamento ottimale della massa termica e dell'isolamento termico nella stratigrafia muraria), sia, infine, alla scala dell'edificio (valutazione, attraverso simulazioni in regime dinamico condotte con DOE.2, del comportamento energetico di diverse soluzioni tecniche di involucro in differenti tipologie di edifici).

## IL QUADRO DI RIFERIMENTO

Il mercato delle costruzioni, da molti anni ormai, rappresenta una significativa componente di dinamismo economico, grazie soprattutto al motore dell'edilizia residenziale che svolge un ruolo strategico e predominante, alimentato dalla domanda di investimento e, in particolare, dalla grande richiesta espressa dalle nuove famiglie.

In questo contesto di crescita economica del settore, con conseguenti problemi politico-sociali, economici e ambientali, è sempre più stringente l'importanza di mettere in atto delle

## THE ENERGY AND ENVIRONMENTAL BEHAVIOUR OF HEAVY CLAY ENVELOPES

*Politecnico di Milano Building Environment Sciences and Technology Department - BEST - carried out research on behalf of ANDIL Assolaterizi, the aim of which was to assess the thermal performance of heavy clay products, and their energy and environmental behaviour within the Italian context of massive envelope technical solutions.*

*The research project entitled "The thermal performance and environmental behaviour of heavy clay envelope technical solutions oriented towards the energy efficiency of buildings" had two basic aims.*

*One was to organise the knowledge currently available relating both to the energy behaviour of buildings understood as a system (within the framework of energy saving standards in Europe, and the experience regarding the energy certification of buildings, and singling out the main technical-construction practices which characterise low energy consumption buildings constructed in Europe and Italy) and the energy performance of the building products used for the building (survey of the production offer of heavy clay materials, the product variables, the technical information transmitted by CE marking). The other was to process assessments of energy behaviour both regarding products in heavy clay materials (analysis of their specific thermal performances in order to single out the incidence of the product variables on improving performance); and concerning the suitability of the envelope technical solution (definition of a procedure detailing how to choose products and control their performance, which was useful for designers for singling out technical solutions suitable for responding to Legislative Decrees 192/05 and 311/06, and controlling the behaviour of these technical solutions in periodical dynamic running conditions, in order to size the heat mass and heat insulation correctly in the layers of the walling); and, lastly, the scale of the building (assessment, by simulating the dynamic running conditions, carried out using DOE.2, of the energy behaviour of some of the different technical envelope solutions in different types of buildings).*

## REFERENCE FRAMEWORK

*For a number of years, the building market has been an important component of economic dynamism, thanks mainly to the driving force of residential building work which has a strategic, predominant role, fed by investments and, in particular, the huge demand expressed by new families. Within this context of the economic growth of the sector, with the consequent political-social, economical and environmental problems, the importance of implementing energy saving and environmental qualification strategies for residential*

strategie di risparmio energetico e qualificazione ambientale degli edifici residenziali. "Mancano atti politici sulle due vie maestre del miglioramento dell'efficienza energetica e dello sviluppo delle nuove fonti rinnovabili e c'è ancora chi non vede il vantaggio anche competitivo che l'economia italiana ricaverebbe dal fatto di ridurre la propria dipendenza energetica" (Legambiente, 2005).

Il quadro economico e lo scenario del settore delle costruzioni evidenziano quanto sia importante avviare politiche mirate al rispetto ambientale e risparmio energetico, che potrebbero essere la chiave per qualificare lo sviluppo del settore e contribuire quindi a quello del Paese.

È vero che il settore delle costruzioni è un settore trainante dell'economia, ma contemporaneamente è anche il principale responsabile del degrado ambientale. Da un lato, edificare genera impatti sull'ambiente non solo all'atto della costruzione, ma anche lungo tutto il processo, dall'approvvigionamento delle materie prime, produzione e trasporto, fino alla dismissione dell'edificio e smaltimento delle macerie da demolizione. Dall'altro, l'uso dell'edificio genera impatti per poter garantire condizioni di comfort e benessere interno, interagendo dunque con le esigenze degli abitanti e garantendo loro spazi vivibili e adeguati alle attività che negli edifici si svolgono.

Una unità abitativa media, come un appartamento di 90-100 m<sup>2</sup>, richiede per la sua costruzione circa 100 tonnellate di materiali con un costo energetico medio di 500-700 kcal/kg di prodotto. Il costo energetico dei materiali necessari per realizzare un'abitazione si aggira sulle 5 tonnellate di petrolio e il costo energetico del cantiere è di circa 0,5 tonnellate di petrolio. A fronte di questi costi, il consumo medio annuo per il riscaldamento invernale di un'abitazione italiana è all'incirca di una tonnellata di petrolio. In pratica, in poco più di 5 anni un appartamento consuma per il solo riscaldamento una quantità di energia uguale a quella impiegata per la sua costruzione (Enea, Finco, 2004).

In particolare, in Italia i consumi finali di energia nel settore civile sono caratterizzati da un progressivo aumento. In questo ambito, la quota predominante dei consumi energetici è da attribuire al settore residenziale: nel 2003 è responsabile del 65% del totale contro il 35% del terziario (fig. 1). L'incremento dei consumi energetici è dato principalmente dai consumi elettrici e in particolare dalla crescita del picco estivo, dovuto soprattutto agli usi civili: le famiglie in possesso di un condizionatore sono passate dal 10,7% del 2001 al 16,4% del 2003 (Enea, 2005). L'aumento dei consumi per il condizionamento estivo non è un problema solo italiano: in Europa si sta verificando una crescita generale (imputabile, negli altri Paesi, soprattutto al settore terziario). Osservando, infatti, le indagini sulla quantità di superfici climatizzate in Europa durante il periodo estivo emerge quanto queste siano in crescita in tutti i Paesi e come l'incremento degli ultimi anni in Italia e Spagna sia nettamente superiore (50%) e con notevole distacco rispetto a quello degli altri Paesi europei (fig. 2). In Europa, l'area totale raffrescata è stimata passare dai 1000 milioni di m<sup>2</sup> del 2003 ai circa 2000 milioni di m<sup>2</sup> del 2010 (EECCAC, 2003).

Naturalmente la crescita dei consumi per la climatizzazione estiva si riflette sull'aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> (fig. 3). Questo quadro richiede necessariamente un cambiamento di

*buildings becomes increasingly more pressing. "There is a lack of political action in the two main directions for improving energy efficiency and developing new, renewable energy sources. Some people still do not see the advantage - also competitive - the Italian economy would gain by reducing its energy dependence" (Legambiente, 2005).*

*The economic picture and scenario of the building sector highlight how important it is to set up policies aimed at respecting the environment and saving energy. Indeed, they could be the key for qualifying sectorial development, and thus contributing to that of the country. It is true that the building sector is a leading sector for the economy. However, at the same time it is also responsible for the deterioration of the environment. On the one hand, building does have an impact on the environment, not just while the actual work is being carried out, but also along the entire process: from supplying the raw materials, to production and transportation, through to dismantling the building and disposing of the demolition rubble. On the other, use of the building produces an impact as it has to guarantee conditions of comfort and well-being inside, thus interacting with the requirements of the inhabitants and guaranteeing liveable spaces, suitable for the activity carried out within the building.*

*It takes approximately 100 tonnes of materials to build an average housing unit, i.e. a 90-100m<sup>2</sup> flat, with an average energy cost of 500-700 kcal/kg of product. The energy cost of the materials necessary for producing a housing unit is around 5 tonnes of oil and the energy cost of the building yard is approximately 0.5 tonnes of oil. Linked to these costs, the annual, average consumption for heating an Italian home during winter is approximately a tonne of oil. Therefore, in just over 5 years, a flat will consume the same amount of energy it took to build it, just for heating (Enea, Finco, 2004).*

*In Italy, in particular, the final energy consumption in the civil sector is progressively increasing. Within this sphere, the predominant share of energy consumption is to be attributed to the residential sector. In 2003 it was responsible for 65% of the total, against 35% of the services-producing sector (fig. 1).*

*The increase in energy consumption is mainly due to the consumption of electricity, which peaks in summer mostly through civil use. The percentage of families owning an air-conditioning unit has risen from 10.7% in 2001 to 16.4% in 2003 (Enea, 2005).*

*The increase in consumption for summer air-conditioning is not only a problem in Italy. In Europe too there has been a general rise, although in other countries it is mainly ascribable to the services-producing sector.*

*Surveys carried out on the quantity of surfaces air-conditioned in Europe during summer show how much these have expanded in all countries. Moreover, the increase in the past few years in Italy and Spain has clearly been greater (50%), and is well-above that of other European countries (fig. 2). In Europe, it is believed that the total area cooled will rise from the 1000 million m<sup>2</sup> registered in 2003,*

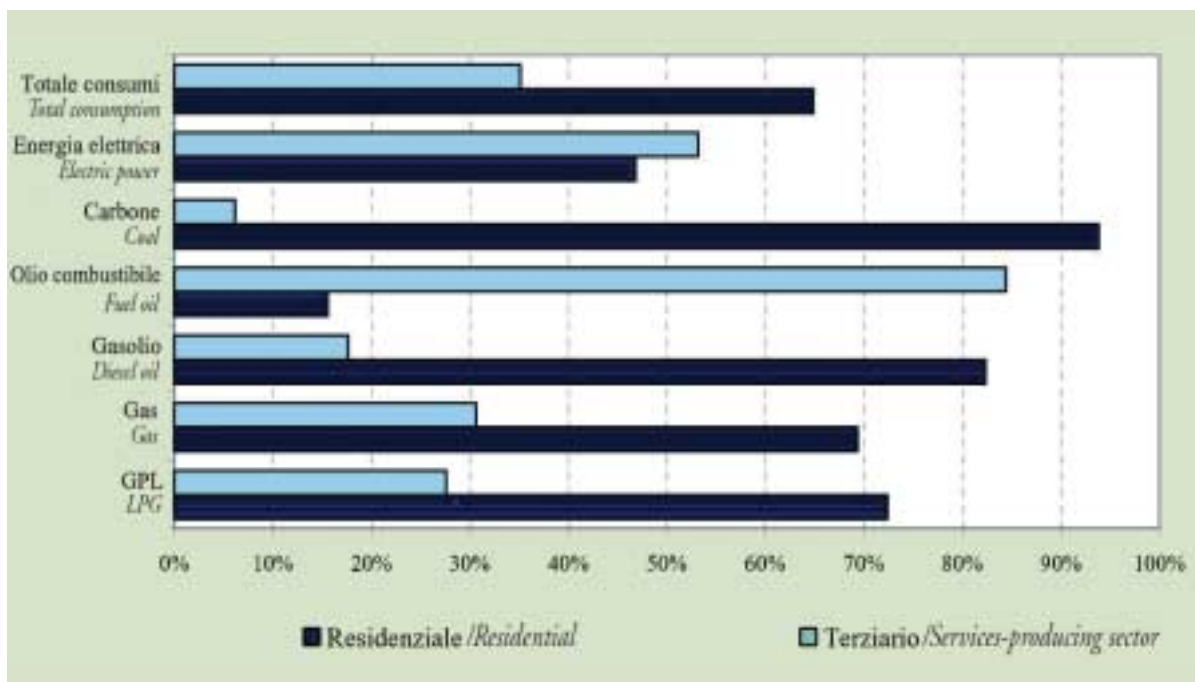


Fig. 1 - Ripartizione percentuale dei consumi energetici tra residenziale e terziario per fonte (Enea, 2005).  
 Division of the percentage of energy consumption between residential units and the services-producing sector (Enea, 2005).

direzione, tenendo conto sia degli impegni assunti dall'Italia con il Protocollo di Kyoto, sia del fatto che la stessa è debitrice dall'estero di oltre il 90% dei suoi consumi energetici. Infatti, oltre alla questione ambientale, non va dimenticato il problema dell'approvvigionamento delle fonti energetiche non rinnovabili da parte dei Paesi occidentali, che ha implicazioni di tipo economico e politico.

Nasce da qui la necessità di governare i consumi di gestione degli edifici (riscaldamento, condizionamento, illuminazione,

to approximately 2000 million m<sup>2</sup> in 2010 (EECCAC, 2003).

Of course, the increase in consumption for air-conditioning during summer is reflected in the increase in CO<sub>2</sub> emissions (fig. 3). This picture requires a change in direction, taking into account both the commitments made by Italy when it signed the Kyoto Protocol, and the fact that the country obtains over 90% of its energy consumption from abroad. In fact, together with the environmental issue, the problem of

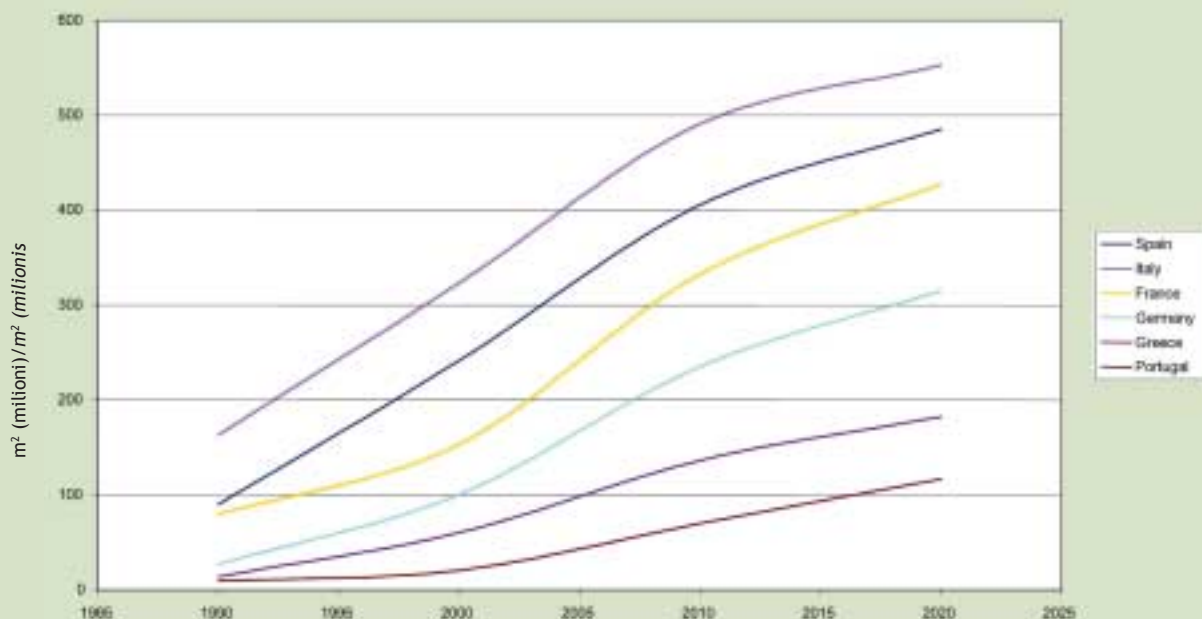


Fig. 2 - Trend di crescita delle superfici raffrescate (CAC) per i diversi Paesi dal 1985 al 2020 (EECCAC, 2003).  
 Growth trend for cooling surfaces (CAC-Comitato delle Autorità Competenti = CCA-Committee of Competent Authorities) in different countries from 1985 to 2020 (EECCAC, 2003).

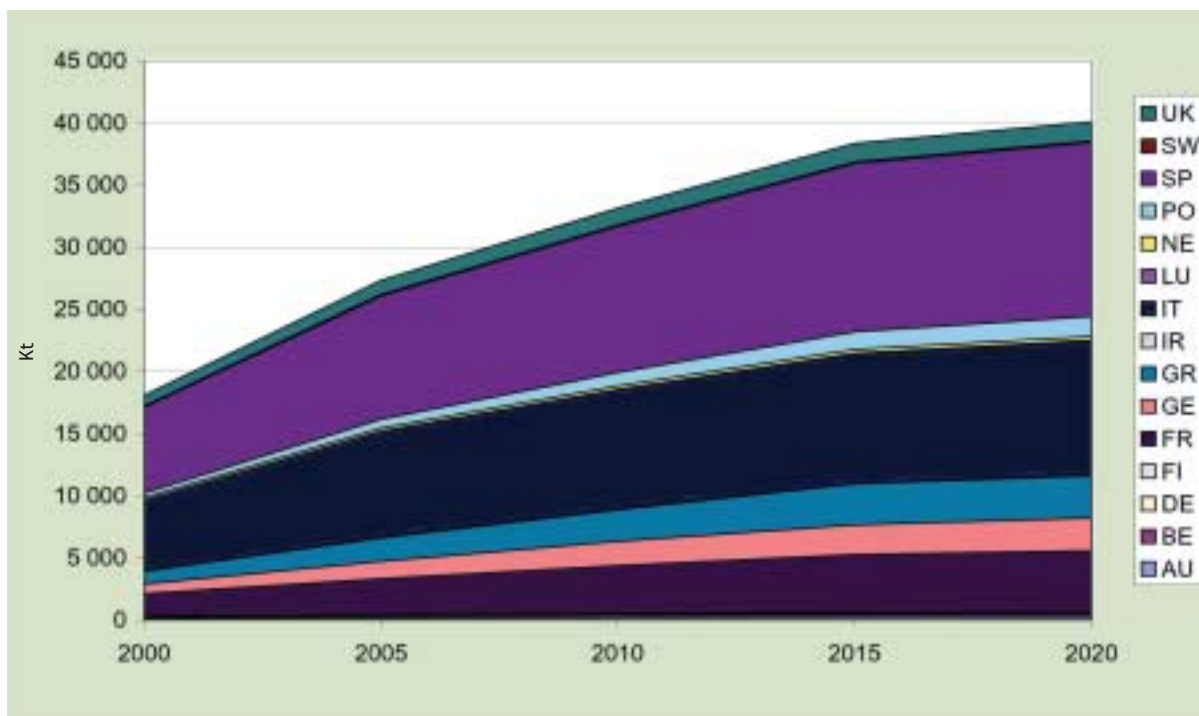


Fig. 3 - Emissioni di CO<sub>2</sub> per il raffrescamento in Europa (EECCAC, 2003).  
CO<sub>2</sub> emissions caused by cooling in Europe (EECCAC, 2003).

ventilazione, consumi degli elettrodomestici) con maggiore attenzione rispetto all'efficienza dei processi di produzione.

#### IL RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA EUROPEA SUL RENDIMENTO ENERGETICO NEI PAESI MEDITERRANEI

L'entrata in vigore della Direttiva europea sul rendimento energetico degli edifici ha imposto agli stati membri di mettere in atto azioni per il risparmio energetico. Mentre molti stati del nord Europa (Danimarca, Olanda, Germania, Francia ecc.) avevano già legiferato in materia, avviando anche in forma volontaria l'introduzione di sistemi di certificazione energetica, l'Italia si è fatta cogliere impreparata e ha messo in atto un lento processo di elaborazione del recepimento della direttiva, che non ha ancora trovato fine (soprattutto sul versante della certificazione). In particolare, l'Italia ha puntato tutta l'attenzione sul risparmio energetico invernale, quando uno dei problemi da porre sotto controllo è quello legato alla fase estiva, in termini sia di consumi che di comfort. Spagna e Portogallo, per esempio, hanno già introdotto un sistema di certificazione che prevede la doppia verifica, sui fabbisogni energetici sia invernali che estivi.

#### LE NORME TECNICHE PER IL CALCOLO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEL SISTEMA EDIFICIO

I sistemi di certificazione energetica in uso attualmente in Europa prevedono l'esplicitazione del solo fabbisogno energetico annuale per il riscaldamento, tramite il calcolo proposto dalla norma EN832. Va sottolineato che, invece, la Direttiva europea pone come obiettivo la verifica integrata anche di altri indicatori di consumo energetico, in particolare il raffrescamento estivo e l'illuminazione, e non trascura la verifica del comfort termico: progettare edifici a basso consumo energetico non deve far perdere di vista l'obiettivo di costruire edifici salubri e confortevoli. Sia la verifica

western countries supplying non-renewable energy sources must also be considered, because of the economical and political implications.

This is where the need to control consumption for managing buildings (heating, air-conditioning, lighting, ventilation, consumption by household appliances) comes from, and greater attention must be paid to respecting the efficiency of production processes.

#### IMPLEMENTATION OF THE EUROPEAN DIRECTIVE ON ENERGY PERFORMANCE IN MEDITERRANEAN COUNTRIES

When the European Directive concerning the energy performance of buildings came into force, member states were obliged to implement energy saving action. Whilst most countries in northern Europe (Denmark, Holland, Germany, France, etc.) had already made laws on the subject, volunteering to begin introducing energy certification systems, Italy was caught unprepared and set up a slow procedure for implementing the directive, which has yet to come to an end (especially regarding certification). Italy concentrated all its attention on saving energy during winter, whilst the summer should also have been controlled, in terms of both consumption and comfort. Spain and Portugal, for example, have already introduced a certification system which provides for double inspections on energy requirements, during both winter and summer.

#### TECHNICAL STANDARDS FOR CALCULATING THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDING SYSTEMS

In Europe, the energy certification systems currently in use only provide for the definition of annual energy requirements for heating, through calculations proposed by Standard EN832. However, it must be stressed that the aim of the European standard is to control

del consumo energetico estivo, sia la verifica del comfort richiedono l'introduzione di modalità di calcolo non più basate sul calcolo in regime stazionario (come avviene di fatto con la EN832, enfatizzando il ruolo della sola trasmittanza termica), ma sul calcolo in regime dinamico, che consente di tenere in considerazione il ruolo dell'inerzia termica e della massa (evidenziandone i vantaggi anche in condizioni invernali).

### LE PRESTAZIONI TERMICHE DEI PRODOTTI IN LATERIZIO

La ricerca di procedure di calcolo energetico sofisticate, per ottenere valori più aderenti al comportamento reale degli edifici, richiede la conoscenza e la disponibilità di informazioni tecniche sempre più articolate e dettagliate sui materiali che vanno a costituire l'edificio. Inoltre, la dinamicità e l'evoluzione continua dei prodotti offerti sul mercato rendono obsoleto il riferimento a informazioni tecniche di prodotto tratte da repertori o dalla manualistica. I prodotti innovativi dovrebbero essere accompagnati da una dettagliata informazione tecnica, in cui siano esplicitati i valori utili alle verifiche energetiche a livello di edificio. Questa sinergia informativa in realtà non è così diffusa e persino la marcatura CE non rappresenta uno strumento di comunicazione sufficientemente completo. Le informazioni tecniche utili alle verifiche energetiche risultano dunque spesso difficilmente accessibili, spingendo i tecnici all'uso di repertori o norme tecniche che restituiscono però valori di riferimento spesso lontani dalla realtà dell'offerta di mercato.

Dall'analisi dei prodotti in laterizio oggi disponibili emerge un processo di innovazione continua al fine del miglioramento prestazionale: in particolare, per aumentare la resistenza termica dei blocchi sono state condotte sperimentazioni sulla conducibilità e densità dell'impasto, sulla percentuale di foratura e densità degli elementi, sulla geometria dei fori (nel rispetto dei vincoli dettati dalla normativa sismica nel caso dei blocchi portanti), sui giunti (realizzati con malta termica o annullandoli nel caso dei blocchi a incastro e rettificati), ottenendo prodotti e soluzioni tecniche sempre più performanti. Al fine di comprendere l'incidenza di questi fattori sulle prestazioni termiche dei prodotti, è stata condotta una campagna di valutazioni (fig. 4), basate sulla norma tecnica UNI EN1745 (che ha sostituito la UNI10355), da cui è emerso che il ruolo prioritario è da attribuire alla geometria dei fori e all'annullamento dei giunti conseguibile con l'uso di blocchi rettificati.

### LE SOLUZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE PER LA REALIZZAZIONE DI INVOLUCRI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

È stata condotta un'indagine sulle principali soluzioni tecnico-costruttive adottate nelle realizzazioni di edifici a basso consumo energetico in Europa e in Italia. Nel nord Europa si è assistito a un progressivo affermarsi di soluzioni leggere iperisolate (realizzate semplicemente come stratificazione di materiale isolante), il cui contributo alla riduzione della trasmittanza termica (e quindi delle dispersioni termiche) risultava premiante nella valutazione del comportamento energetico invernale.

In realtà, questi modelli costruttivi privi di inerzia termica hanno prestazioni inferiori sia dal punto di vista del comfort che

*other energy consumption indicators, too, particularly summer cooling, and lighting. Moreover, it does not neglect the control of thermal comfort. Therefore, designing low energy consumption buildings must not mean losing sight of the aim of building healthy, comfortable buildings.*

*The control of summer energy consumption and comfort requires the introduction of calculation methods which are no longer based on calculations made in stationary running conditions (as occurs with EN832, emphasising the role of the heat transmittance rate only), but on calculations made in dynamic running conditions. This makes it possible to consider the role of heat lag and mass (highlighting the advantages in winter conditions, too).*

### THERMAL PERFORMANCE OF HEAVY CLAY PRODUCTS

*Research on sophisticated energy calculation procedures, in order to obtain values which adhere more to the real behaviour of buildings, requires the knowledge and availability of increasingly more articulate and detailed technical information on the materials used to construct the building. Moreover, the dynamism and continuous evolution of the products currently available on the market mean that references to technical product information taken from catalogues and manuals are obsolete. Innovative products should be accompanied by detailed technical information, in which those values which are useful for carrying out energy controls on buildings are explained. In reality however, this kind of information is not widespread, and even EC marking does not represent a sufficiently complete system of communication. Technical information which is useful for carrying out energy controls, therefore, is often difficult to access. This forces technicians to use catalogues or technical standards providing reference values which are often nowhere near the reality of the products available on the market. Analysis of today's heavy clay products shows a continuous process of innovation which aims to improve product performance. In order to increase thermal resistance in blocks, for example, tests have been carried out on the conductivity and density of the body; the percentage of holes and density of the elements; the shape of the holes (in conformity with the binding provisions set down by seismic standards in the case of load-bearing blocks); and the joints (produced using heat mortar, or completely avoided through the use of interlocking or edge ground blocks). This work is carried out with the aim of obtaining increasingly higher performing products and technical solutions. An assessment campaign (fig. 4) has been carried out in order to understand the incidence of these factors on the thermal performance of products, based on technical standard UNI EN1745 (which replaced UNI10355). This work has shown that the main role is to be attributed to the shape of holes and avoiding joints, something which can be achieved by using edge ground blocks.*

### TECHNICAL-BUILDING SOLUTIONS FOR PRODUCING ENERGY EFFICIENT ENVELOPES

*A survey was carried out on the main technical-building solutions used to*

da quello del risparmio energetico, rispetto a involucri edilizi più "pesanti".

Ne è derivata una "controtendenza" che ripristina la presenza e il ruolo della massa: le soluzioni di involucro più evolute propongono oggi soluzioni miste, con chiusure di grande spessore che abbinano murature massive e materiale isolante (per lo più a cappotto).

Il panorama mediterraneo invece si è sempre caratterizzato per una maggiore diffusione di soluzioni massive (in particolare murature monostrato o murature stratificate, con materiale isolante in intercapedine o a cappotto, dove prevale però lo strato resistente massivo).

La ricerca svolta ha individuato un repertorio di soluzioni rispondenti alle prestazioni richieste dal D.Lgs. 311/06 (che aggiorna il D.Lgs. 192/05), proponendo più che una casistica di soluzioni conformi, una procedura di scelta di prodotti funzionale al raggiungimento delle prestazioni richieste (fig. 5). È opportuno sottolineare che la definizione di involucri termicamente performanti determina spesso un aumento degli spessori delle chiusure, da cui deriva una serie di criticità relative alla fase di realizzazione in cantiere: in particolare risulta ancora più accentuato il rischio di formazione di ponti termici, sia in corrispondenza dell'incontro tra chiusure opache e struttura portante, sia in corrispondenza dell'incontro tra chiusure opache e serramenti.

La sofisticatezza di definizione della stratigrafia dell'involucro deve essere necessariamente accompagnata da una accurata progettazione ed esecuzione dei nodi costruttivi.

### VALUTAZIONI ENERGETICHE, ECONOMICHE E AMBIENTALI DI SOLUZIONI TECNICHE DI INVOLUCRO

Dall'indagine dello stato dell'arte è emerso come il dibattito sul tema energetico sia particolarmente animato rispetto alla

*construct low energy consumption buildings in Europe and Italy. In northern Europe there has been the progressive assertion of lightweight, hyper-insulated solutions (produced simply as layering of the insulating material), whose contribution to the reduction of the heat transmission rate (and therefore heat loss) has been excellent for assessing energy behaviour during winter.*

*In truth, the performance of these construction models, which lack in heat lag, is lower compared with heavier building envelopes, both from the point of view of comfort and energy saving. The result has been a "countertrend" which has restored the presence and role of the mass. Today, the most evolved envelope solutions propose mixed solutions, with thick closures combining massive walling with insulating materials (most of which external).*

*In the Mediterranean, on the other hand, there has always been greater diffusion of massive solutions (particularly single or layered walling, with insulating materials placed in the cavity, or externally. However, the massive resistant layer prevails).*

*Research has singled out a range of solutions which respond to the performance requested by Legislative Decree no. 311/06 (which updates Legislative Decree no. 192/05). Rather than simply providing a record of conform cases, it describes procedures for choosing functional products in order to achieve the performance required (Figure 5). The definition of heat performance envelopes often determines an increase in the thickness of the closures. Critical elements arise concerning production in the building yard, particularly the risk of heat bridges forming, both in correspondence with the point of contact between opaque openings and the bearing structure, and the point*

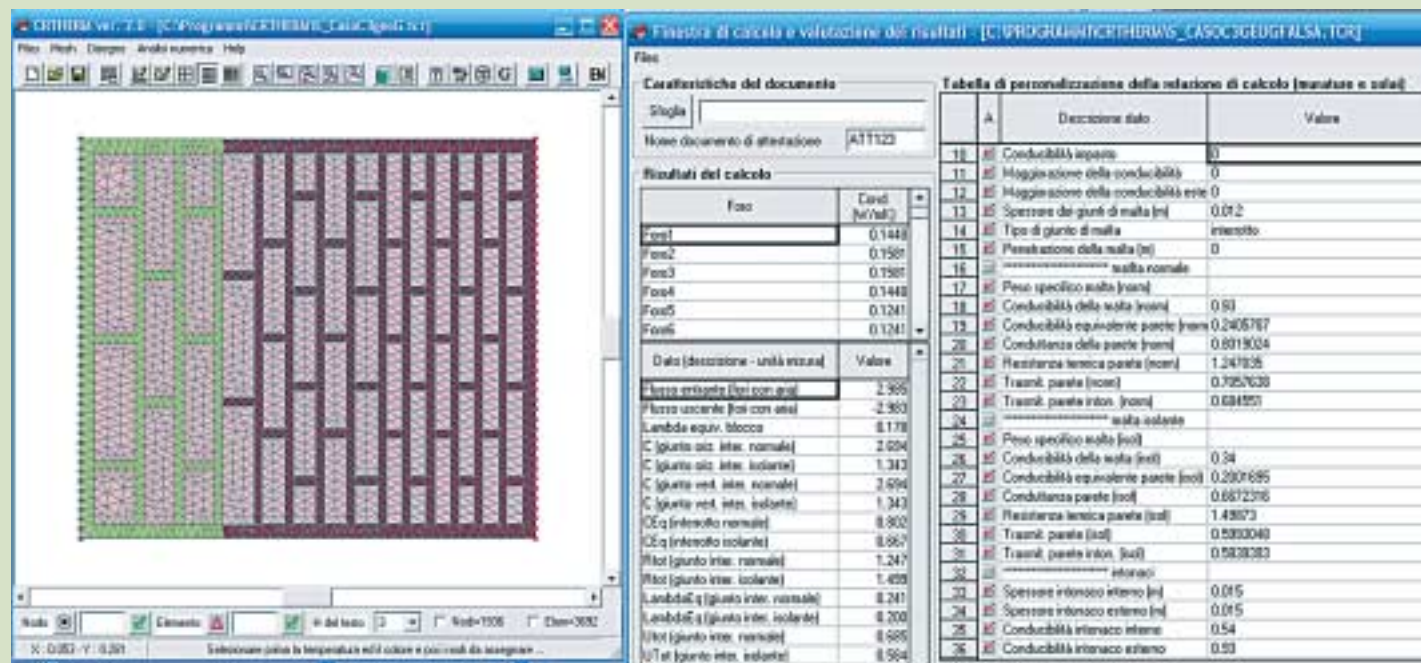


Fig. 4 - Valutazioni della conducibilità termica equivalente dei blocchi in laterizio, basate sulla norma tecnica UNI EN 1745. Assessments of the equivalent heat conductivity of heavy clay blocks, based on technical standard UNI EN 1745.

questione della definizione del corretto rapporto tra soluzioni tecniche iperleggere (costituite da solo materiale isolante, utilizzato in grandi spessori) e soluzioni tecniche massive in muratura (spesso anch'esse monostrato). Ricerche internazionali sul tema hanno cercato di delineare come la presenza sia della massa, con ruolo di inerzia termica, sia dell'isolamento, con ruolo di barriera alle dispersioni, sia parimenti importante per il contributo dato al risparmio energetico e al comfort termico. A fronte di una normativa energetica italiana che privilegia il ruolo dell'isolamento (imponendo valori di trasmittanza termica limite e richiedendo la verifica del solo FEP invernale, trascurando la questione estiva), per quantificare il ruolo della massa in Italia sono state condotte, su diverse tipologie di edificio e in diverse zone climatiche, alcune simulazioni energetiche in regime dinamico (DOE.2), per testare diverse soluzioni di involucro (fig. 6). Ne è emerso che la soluzione priva di massa può richiedere consumi energetici sia invernali che estivi fino al 30% in più rispetto a soluzioni massive (a parità di trasmittanza termica e condizioni d'uso). Ulteriori verifiche di dettaglio sono state condotte sul rapporto tra massa e isolamento termico nella stratigrafia di involucro: tramite la valutazione delle caratteristiche dinamiche (UNI13786) sono stati definiti i valori di ritardo/sfasamento e attenuazione/decremento (fig. 7), dimostrando che sostanzialmente non vi

of contact between opaque openings and frames.  
Accurate definition of the envelope layers must necessarily be accompanied by the careful design and execution of the construction joints.

#### ENERGY, ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENTS OF ENVELOPE TECHNICAL SOLUTIONS

What emerged from the state of the art survey was how the debate on the issue of energy is particularly lively compared with the issue of defining the correct relationship between ultra-lightweight technical solutions (formed of thick insulating material only) and massive walling technical solutions (often also single-layered). International research has attempted to outline how the presence of both the mass (to create heat lag) and insulation (to create a barrier to heat loss) are important parameters for the contribution given to energy saving and thermal comfort. Faced with Italian energy norms which favour the role of insulation (establishing limit heat transmission values and requesting the control of the winter FEP only, neglecting the summer), a number of energy simulations in dynamic running conditions (DOE.2) were carried out on different types of buildings in different climatic zones, in order to test different

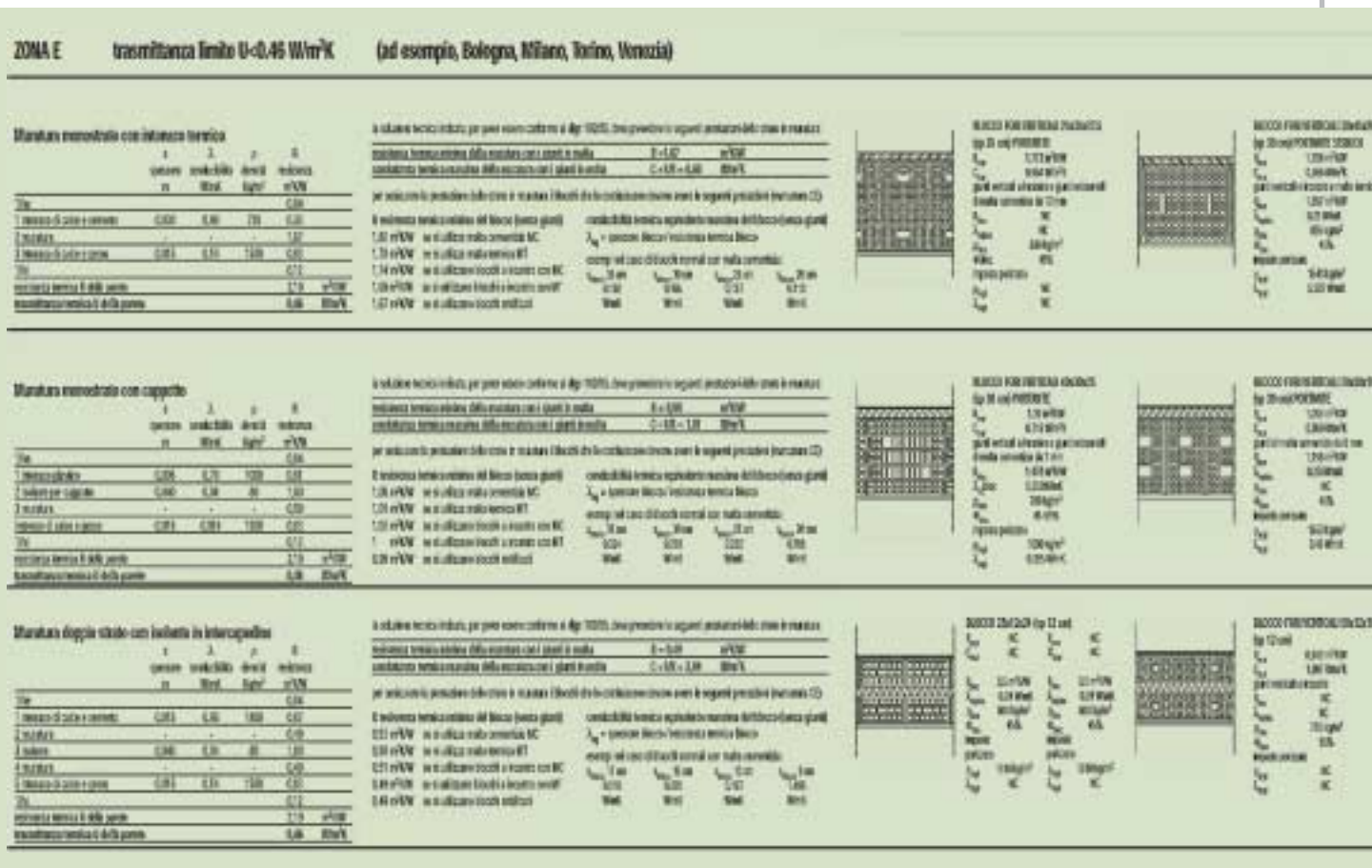
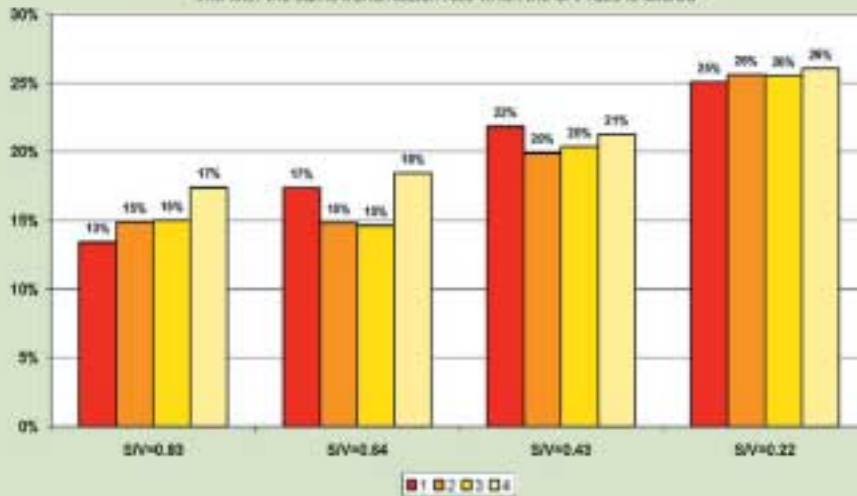


Fig. 5 - Procedura di scelta di prodotti in laterizio funzionale al raggiungimento delle prestazioni di trasmittanza termica richieste dal D.Lgs. 311/06 e repertorio di soluzioni così individuate (Andrea Campioli, Simone Ferrari, Monica Lavagna, Eugenio Morello, Carol Monticelli, "Ricette di chiusura. Involucro in laterizio", Costruire, n. 281, ott. 2006, pp. 165-180).  
Procedure for choosing functional heavy clay products in order to achieve the heat transmission rate performance required by Legislative Decree no. 311/06 and the solutions singled out in this manner (Andrea Campioli, Simone Ferrari, Monica Lavagna, Eugenio Morello, Carol Monticelli, "Ricette di chiusura. Involucro in laterizio", Costruire, no. 281, Oct. 2006, pages 165-180).

Riduzione fabbisogno energetico invernale rispetto a involucro con tamponamento leggero di pari trasmittanza al variare del rapporto S/V

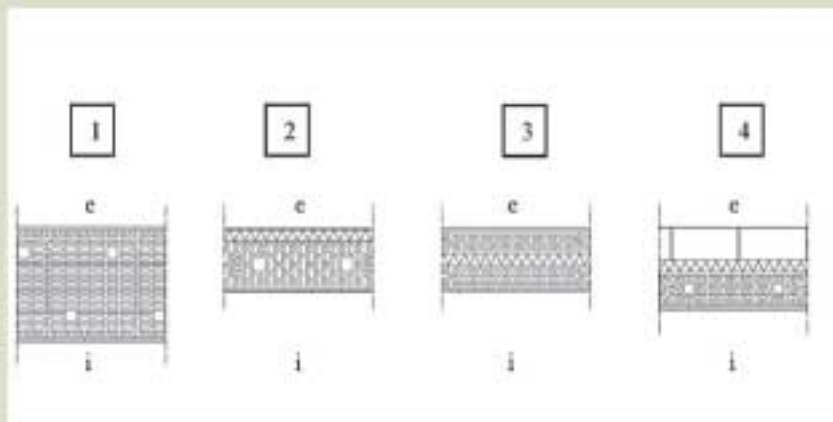
Reduction in the winter energy requirement in the four envelope with lightweight infill with the same transmission rate when the S/V ratio is altered



Tab 01

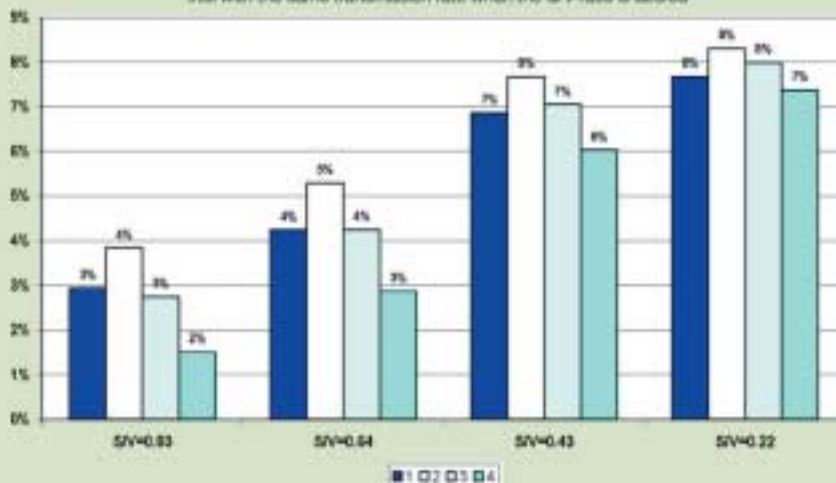
Riduzione del fabbisogno energetico invernale nei quattro pacchetti di involucro in termolaterizio rispetto al tamponamento leggero

Reduction in the winter energy requirement in the four envelope packets in thermal heavy clay material compared with lightweight infill



Riduzione fabbisogno energetico estivo rispetto a involucro con tamponamento leggero di pari trasmittanza al variare del rapporto S/V

Reduction in the summer energy requirement compared with an envelope with lightweight infill with the same transmission rate when the S/V ratio is altered



Tab 02

Riduzione del fabbisogno energetico estivo nei quattro pacchetti di involucro in termolaterizio rispetto al tamponamento leggero

Reduction in the summer energy requirement in the four envelope packets in thermal heavy clay material compared with the lightweight infill

Fig. 6 - Risultati delle simulazioni energetiche in regime dinamico (condotte con DOE.2) di diverse soluzioni di involucro (a parità di trasmittanza termica) per diverse tipologie di edifici, a Roma (Andrea Campioli, Simone Ferrari, Monica Lavagna, Eugenio Morello, Marco Baldinazzo, "Variabile tempo. Massa termica e risparmio energetico", Costruire, n. 284, gen. 2007, pp. 94-99).  
 Results of energy simulations in dynamic running conditions (carried out using DOE.2) for different envelope solutions (with the same heat transmission rate) for different types of buildings, in Rome (Andrea Campioli, Simone Ferrari, Monica Lavagna, Eugenio Morello, Marco Baldinazzo, "Variabile tempo. Massa termica e risparmio energetico", Costruire, no. 284, Jan. 2007, pages 94-99).

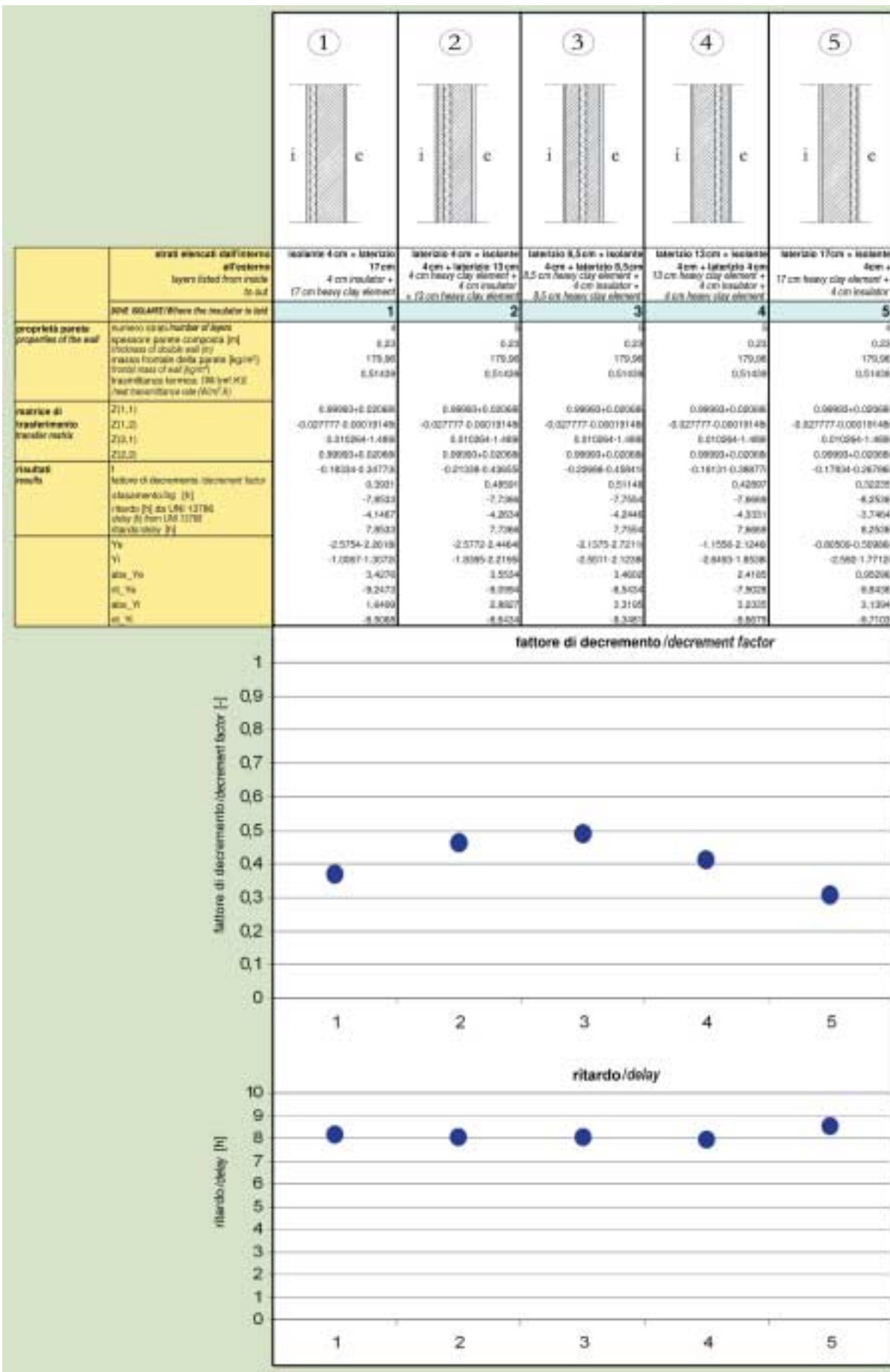


Fig. 7 - Valutazione delle ore di ritardo e del fattore di decremento (inerzia termica) di diverse soluzioni di involucro, a parità di trasmissione termica (UNI 13786).  
 Assessment of the hours of delay and the decrement factor (heat lag) of different envelope solutions with the same heat transmission rate (UNI 13786).

è un ruolo significativo del posizionamento dell'isolante nelle stratigrafie esaminate, ma quello che conta è il giusto equilibrio tra spessore dello strato massivo e spessore dello strato isolante (in base anche alle caratteristiche materiche).

La ricerca inoltre ha affiancato alle valutazioni energetiche anche la verifica dei costi di costruzione (fig. 8) e il computo dell'energia incorporata nelle soluzioni tecniche analizzate (fig. 9), al fine di accertare l'effettiva "sostenibilità" di scelte finalizzate al risparmio energetico anche sotto il profilo della riduzione degli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita (LCA). Va sottolineato che la questione della "durata" dell'edificio è fondamentale per operare scelte coerenti anche dal punto di vista ambientale: è chiaro che se una costruzione viene progettata per usi temporanei e con una aspettativa di vita di 25 anni, risultano vantaggiose soluzioni leggere, reversibili e con una ridotta energia incorporata. Ma se un edificio viene progettato per un uso prolungato e con una aspettativa di vita di 100 anni (come avviene spesso nel settore residenziale), risultano vantaggiose soluzioni durevoli e che richiedono una ridotta manutenzione, anche se "pesanti" e con una elevata energia incorporata.

Spesso le questioni relative alla durabilità dei materiali e agli interventi di manutenzione e sostituzione sono trascurati, compromettendo di fatto l'efficacia e la validità del risultato che emerge da valutazioni ambientali: se si vogliono abbassare gli impatti occorre infatti puntare su una aspettativa di vita "lunga" che diluisca nel tempo le energie incorporate immesse nella fase di costruzione.

Oltre all'attenzione riposta nei confronti degli impatti relativi alla fase d'uso, sarebbe dunque opportuno tenere in considerazione anche quelli relativi alla costruzione e manutenzione dell'edificio, puntando su edifici caratterizzati non solo da bassi consumi energetici, ma anche da durata elevata e ridotte necessità di manutenzione e sostituzione dei componenti nel lungo periodo.

## BIBLIOGRAFIA

Commission of the E.U., *Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC)*, Armines, Paris Cedex, (2003).

Cresme, Città di Torino, Urban Center, *Il mercato delle costruzioni 2006, XIII rapporto congiunturale Cresme. Lo scenario di medio periodo 2005-2010*, Cresme, Roma, (2005).

F.IN.CO., Federazione industrie prodotti impianti e servizi per le costruzioni; ENEA, Ente per le nuove tecnologie l'energia e l'ambiente; Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, *Libro bianco energia, ambiente, edificio: dati, criticità e strategie per l'efficienza energetica del sistema edificio*, Il sole 24 Ore, Milano, (2004).

ENEA, Ente per le nuove tecnologie l'energia e l'ambiente; Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, *Rapporto energia e ambiente 2005. Compendio, analisi, dati*, Enea, Roma, (2005).

M. Lavagna, *Sostenibilità e risparmio energetico*, Libreria Clup, Milano, (2005).

Legambiente, *Ambiente Italia 2005. 100 indicatori sullo stato del Paese. Innovazione, qualità, territorio: idee contro il declino*, Edizioni Ambiente, Milano, (2005).

*envelope solutions (Figure 6) and quantify the role of the mass in Italy. What emerged was that solutions lacking in mass may require energy consumption of up to 30% more (both winter and summer) compared with massive solutions (with the same heat transmission rate and conditions of use). Further, detailed controls were carried out on the relationship between mass and heat insulation in the envelope layers. By assessing the dynamic characteristics (UNI13786), the time delay/lag and attenuation/decrease values were established (Figure 7), showing that basically there is no significant role in positioning the insulator in the layers examined. What really counts is the correct balance between the thickness of the massive layer and the thickness of the insulating layer (also based on the characteristics of the matter). Besides the assessment of energy, the research also controlled building costs (fig. 8) and the calculation of the energy embodied in the technical solutions analysed (Figure 9). This was carried out with the aim of ascertaining the effective "sustainability" of choices directed towards saving energy, also under the profile of the reduction of environmental impact for the entire lifecycle (LCA - life-cycle analysis) of the building. It must be stressed that the issue of the "duration" of the building is fundamental for making coherent choices from the environmental point of view, too. It is clear that, if a building is designed for temporary use, with a life expectation of 25 years, lightweight solutions are more advantageous, as they are reversible and have less embodied energy. However, if a building is designed for prolonged use, with a life expectation of 100 years (as indeed often happens in the residential sector), long-lasting solutions, requiring less maintenance, are more advantageous, even though they are "heavy" with high embodied energy. Issues relating to the durability of the materials and to maintenance and replacement work are often neglected, jeopardising the effectiveness and validity of the result which emerges from environmental assessments. In fact, in order to lower impact, it is necessary to concentrate on a "long" life expectancy which will dilute the embodied energy introduced during building over the years. Besides paying attention to the impact relating to the use of a building, it would be opportune to consider the impact of its construction and maintenance, too, concentrating on buildings characterised not only by low energy consumption, but which also last longer and need less maintenance and replacement of the components over the years.*

**Responsabile della ricerca/Research Officer:** A. Campioli

**Gruppo di lavoro/Workgroup:** S. Ferrari (coordinamento area fisica tecnica)/ (coordination of the physical technical area), M. Lavagna (coordinamento area tecnologia dell'architettura)/ (coordination of the technology of architecture area), A. Angelotti, C. Monticelli, E. Morello, V. Giurdanella, A. Massone, E. Quinto

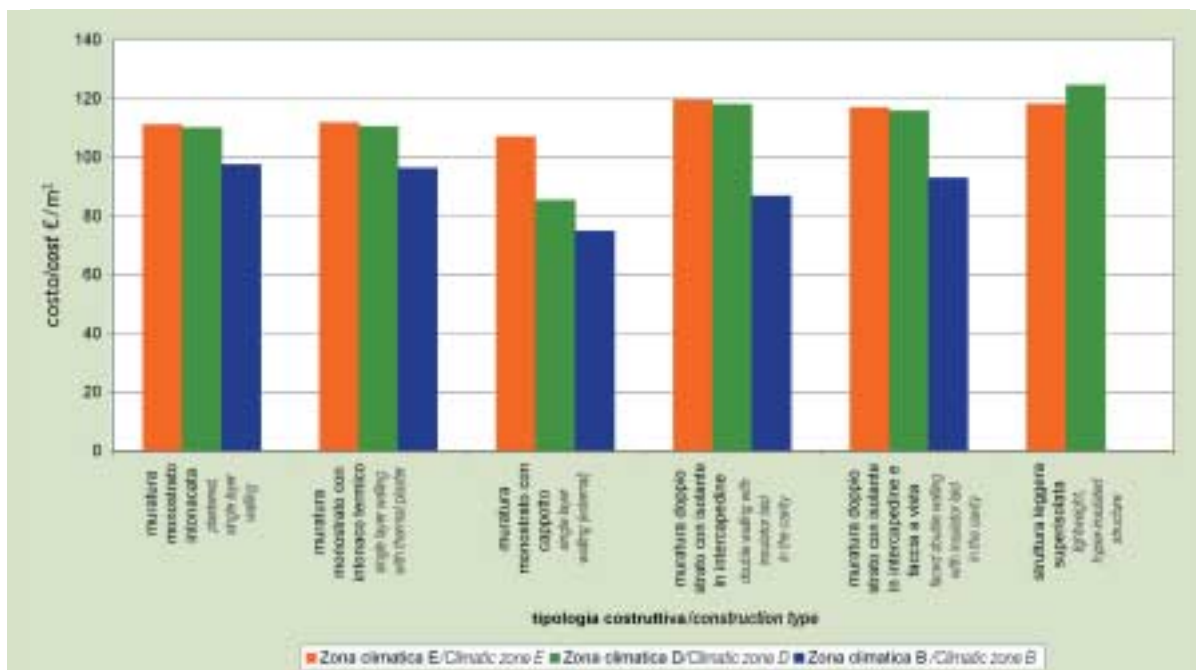


Fig. 8 - Valutazione dei costi di costruzione di diverse soluzioni di involucro, a parità di trasmittanza termica. Assessment of the building costs for different envelope solutions with the same heat transmission rate.

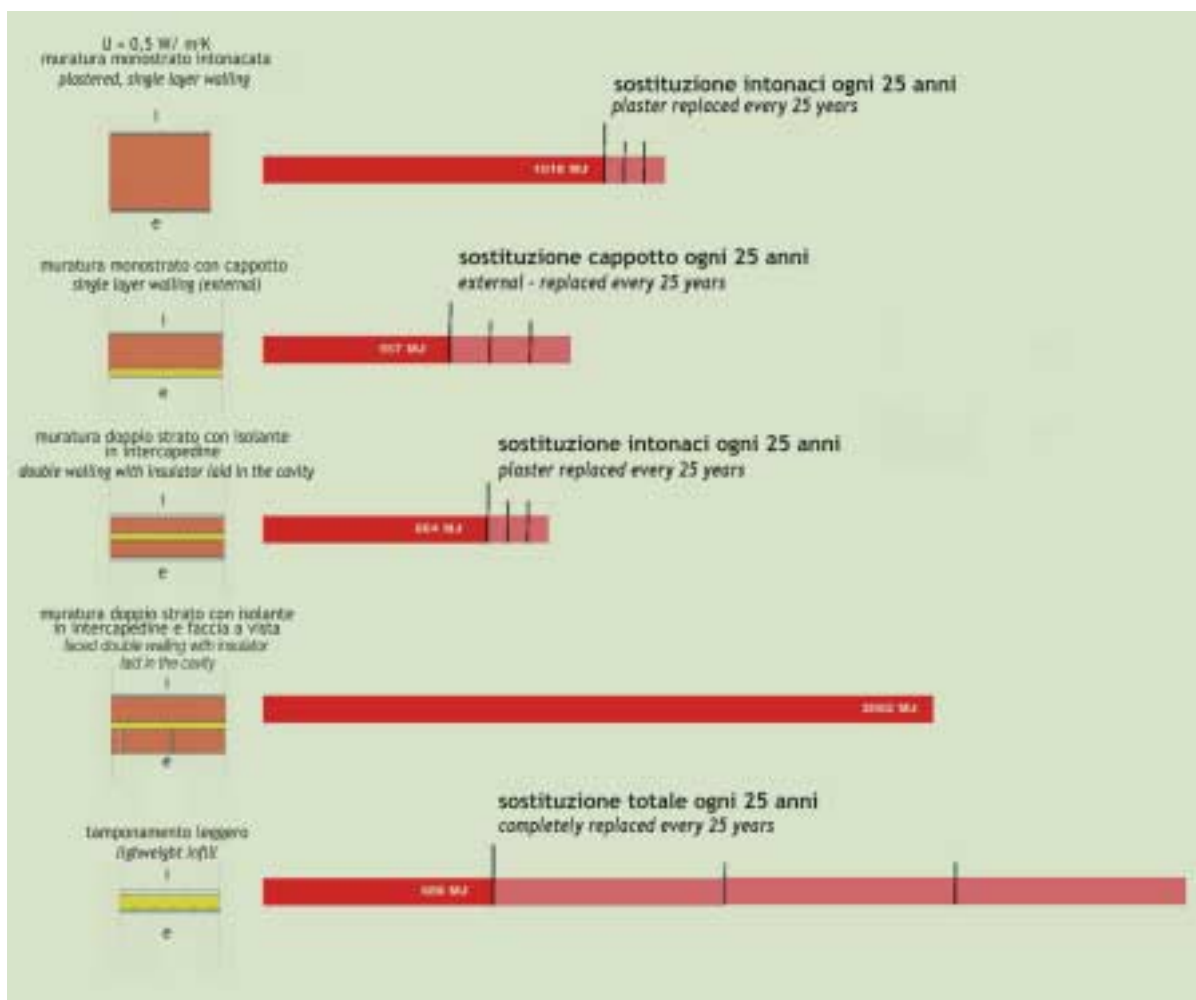


Fig. 9 - Valutazione dell'energia incorporata (in rosso) in relazione a diverse soluzioni di involucro, a parità di trasmittanza termica. In rosso chiaro è indicata l'energia incorporata aggiuntiva imputabile agli interventi di manutenzione, considerando un arco temporale di 100 anni (se si tiene conto del ciclo di vita di un edificio il valore dell'energia incorporata aumenta nel tempo in relazione agli interventi di manutenzione). Assessment of the incorporated energy (in red) in relation to different envelope solutions, with the same heat transmission rate. The additional incorporated energy, shown in light red, can be ascribed to maintenance work, considering a time period of 100 years (taking into account the lifecycle of a building, the incorporated energy value increases over the years in relation to the maintenance work).