

A. Albertazzi (*)

A. Tenaglia (*)

Vengono riportati i risultati di determinazioni di espansione per umidità effettuate su blocchi in laterizio secondo la metodica prescritta dalle disposizioni vigenti. I risultati sono in buon accordo con quanto riportato in letteratura, specie per quanto riguarda il comportamento dei laterizi "kiln-fresh". Si evidenziano anche alcune lacune nella normativa attualmente in vigore

La determinazione dell'espansione per umidità dei laterizi

Introduzione

Nell'ambito di una ricerca, promossa dalla Sezione "Solai" dell'ANDIL, sul comportamento termo-igrometrico dei laterizi, finalizzata ad una miglior comprensione del fenomeno della post-dilatazione, si sono effettuate prove di dilatazione all'umidità di elementi in laterizio per solaio.

Le prove sono state effettuate secondo la metodica stabilita dal DM. 27/7/1985. I risultati sono in buon accordo con quanto riportato in letteratura, specie per quanto attiene al comportamento dei laterizi "kiln-fresh". E' anche stata rilevata l'influenza sensibile dei metodi di preparazione dei campioni: prove eseguite con provini tagliati a secco hanno dato valori doppi rispetto a quanto misurato con provini prelevati dallo stesso blocco e tagliati a umido.

I risultati ottenuti, oltre a fornire un primo quadro della produzione nazionale, consentono anche di tracciare le linee per il futuro prosieguo della ricerca sia per quanto attiene alle proprietà dei materiali, sia in vista di modifiche apportabili alla metodica di prova.

Indagine bibliografica

L'argomento dell'espansione per umidità è stato diffusamente studiato ed approfondito in Gran Bretagna, Australia e negli U.S.A., in particolare a partire dagli anni '50, specie nell'ambito di ricerche sui danni che si verificano nelle murature.

L'espansione dei laterizi posti in opera è dovuta a due componenti: una componente reversibile, associata a cicli di bagnatura ed essiccamento, ed una componente irreversibile dovuta all'assorbimento di vapore acqueo da parte dell'argilla cotta. In generale l'espansione reversibile dovuta a variazioni del contenuto di umidità nelle murature è decisamente modesta (mediamente $< 0.02\%$ [1]) e di scarsa rilevanza se paragonata con le variazioni dimensionali dovute ad altre cause. Per contro, l'espansione irreversibile è sensibilmente più elevata, fino allo 0.2% [1], e può continuare negli anni, anche se con incremento decrescente. Questa espansione irreversibile è dovuta ad una reazione chimica fra l'umidità presente nell'atmosfera e le fasi di neoformazione presenti nell'argilla cotta: vari autori [2, 3, 4, 5] hanno dimostrato che un ruolo determinante è svolto dalla fase vetroso-amorfa che si crea a seguito del trattamento termico e la cui formazione è legata al tenore in minerali micacei. Ne conseguono alcune implicazioni degne di nota:

- trattandosi di una reazione chimica di assorbimento, il processo è lento, dura nel tempo e non è totalmente reversibile [6], anche ricuocendo il materiale a temperature elevate;
- è importante la composizione chimica del-

le materie prime [2, 3], ed in particolare il tenore in alcali [7], composti presenti nei minerali micacei e che svolgono la funzione di formatori di fasi vetroso-amorfe; un alto valore del rapporto $(K_2O + Na_2O)/(CaO + MgO)$ favorisce l'espansione, per cui l'aggiunta di calcio contribuisce a ridurre il fenomeno; tuttavia queste considerazioni sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche geomineralogiche delle materie prime impiegate: pur concordando sul ruolo del tenore in alcali, alcuni autori evidenziano che anche il calcio può contribuire all'espansione, in dipendenza di determinati cicli di cottura; - essendo il fenomeno legato alle fasi di neoformazione, la cottura gioca un ruolo importante: esiste un intervallo di temperatura [2, 3, 7], tipico di ogni argilla e comunque nell'intorno dei $950^\circ C$, in corrispondenza del quale il prodotto finito presenta la massima espansione per umidità.

Se l'influenza della composizione delle materie prime e del ciclo di cottura va studiata caso per caso, per cui non si possono trarre che indicazioni solamente generali, si registra un sostanziale accordo sull'evoluzione del fenomeno di espansione: il laterizio comincia ad espandere già all'interno del forno, durante la fase di raffreddamento, quando viene a contatto con l'umidità dell'aria introdotta; tuttavia, nella letteratura scientifica, non si riportano dati precisi al riguardo (questo aspetto dell'espansione è stato studiato solo su scala di laboratorio [2] mediante misure termogravimetriche). L'espansione prosegue quando il laterizio esce dal forno: durante il primo mese di "vita" tale effetto è più marcato e quindi tende a diminuire progressivamente, pur manifestandosi anche a distanza di anni. Ciò ha posto il problema dei metodi da impiegarsi per misurarsi l'entità di tale fenomeno.

Numerosi autori (si veda la *review* bibliografica in [8]) hanno svolto prove su scala reale, cioè sottoponendo i laterizi ad un invecchiamento naturale per esposizione all'esterno: l'espansione si verifica in dipendenza della variazione delle condizioni climatiche. A seguito di tali prove si sono misurate espansioni che, nel lungo periodo di esposizione, arrivano anche a 2 mm/m [9] su laterizi non posti in opera.

Queste prove hanno ovvi pregi e limiti: se da un lato si studia il fenomeno così come avverrà durante il tempo di vita del laterizio e della struttura, dall'altro sono necessari tempi molto lunghi (alcune prove si sono protratte per oltre 7 anni [5]). Pertanto la ricerca si è orientata verso la messa a punto di metodi più rapidi di prova, cercando al tempo stesso di trovare correlazioni di tipo matematico fra i risultati così ottenuti e quelli riscontrati

bili mediante prove sul lungo periodo, onde poter prevedere teoricamente l'espansione naturale a lungo termine. In particolare si è studiata l'espansione a seguito di trattamento con vapore (a pressione atmosferica e in autoclave). Inizialmente i risultati non sono stati considerati soddisfatti [2, 3, 4]; in seguito, sulla base anche di indagini di tipo chimico-fisico sulla cinetica dell'assorbimento di acqua [10, 11], si sono trovate formulazioni matematiche [12] in grado di spiegare adeguatamente il fenomeno, anche se tutti gli autori concordano sul fatto che i dati sperimentali vanno sempre presi con una certa cautela per cui, pur tenendo conto dei valori trovati, onde contenere il fenomeno entro limiti tollerabili, è bene attenersi ad alcune regole generali:

- usare solo laterizi adeguatamente cotti (anche se il termine "adeguatamente" non viene quantificato con precisione);
- lasciar intercorrere il maggior tempo possibile fra l'uscita dei laterizi dal forno ed il loro impiego;
- prevedere, ad esempio nelle murature, efficienti giunti di dilatazione ad intervalli sufficientemente frequenti per bilanciare l'espansione.

Ciò non deve far pensare che lo studio del problema dell'espansione all'umidità sia giunto ad un punto morto per cui, a fronte della difficoltà nella determinazione di valori attendibili ed impiegabili nella pratica, ci si limiti ad alcune regole generali di buona pratica.

Come già ricordato più sopra, si sono sviluppati metodi di prova ormai consolidati ed in grado di fornire utili indicazioni.

I punti salienti dei vari metodi sono:

- il condizionamento iniziale dei campioni;
- il metodo di misura;
- il trattamento di espansione.

La rapida espansione iniziale, caratteristica dei cotti ottenuti da minerali argillosi e che si manifesta subito dopo l'uscita dal forno, rende critica la scelta del "momento di partenza" di ogni misura. Si può stabilire di iniziare le prove dopo un certo intervallo di tempo dall'uscita dal forno (ad esempio 24 ore). Più conveniente però sembra l'impiego di una ricottura a temperature non inferiori a 600°C: in questo modo è possibile rimuovere gran parte dell'acqua assorbita anche dalle fasi vetroso-amorfe di neoformazione, riportando così il laterizio a condizioni pressochè analoghe a quelle "kiln-fresh". Attualmente questa è la prassi maggiormente accreditata in letteratura.

Il metodo di misura deve prevedere, in primo luogo, l'impiego di strumentazione dotata di adeguata precisione: ciò oggi non costituisce un problema grazie alla reperibilità

sul mercato di micrometri millesimali a lettura digitale. Piuttosto è importante che l'ambiente in cui si effettuano le misure sia climatizzato, con temperatura ed umidità controllate, e che i campioni vengano condizionati nell'ambiente (fino al raggiungimento della temperatura di equilibrio) prima di effettuare la misura.

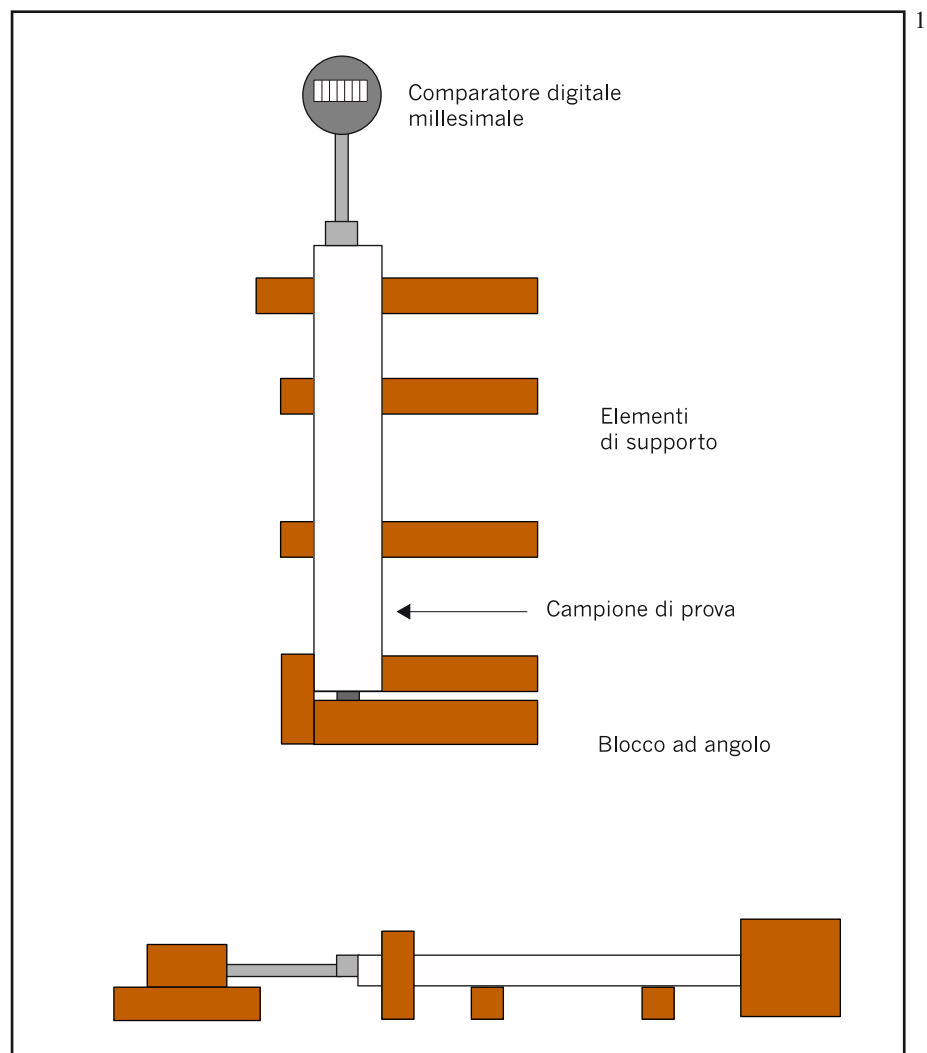
Per quanto riguarda il trattamento di espansione, si sono già ricordati gli studi sull'espansione a lungo termine mediante esposizione naturale. Tuttavia l'espansione per umidità è stata determinata anche in altri modi: in ambienti ad umidità controllata, mediante cicli di bagnatura ed essiccamento, per immersione in acqua a temperatura ambiente e per esposizione al vapore a diverse pressioni. In generale, tenendo conto dei risultati dei lavori pubblicati, sembra che l'espansione al vapore a pressione atmosferica (o comunque a bassa pressione in autoclave) sia in grado

di fornire una base adeguata per una prova di breve durata da cui si può prevedere l'espansione a lungo termine.

Va notato che quanto riassunto più sopra si riferisce ad esperienze condotte all'estero, e quindi su materiali che differiscono da quelli italiani già a partire dalle materie prime: la letteratura italiana al riguardo è estremamente scarsa, per cui mancano valori di riferimento per stabilire gli opportuni confronti con quanto sperimentato in altri paesi. Ne consegue che il fenomeno dell'espansione all'umidità dei laterizi italiani, allo stato attuale, pur potendosi basare su esperienze di altri paesi, necessita di studi ed approfondimenti specifici per una più precisa conoscenza del fenomeno in relazione con le peculiarità del laterizio in Italia.

Metodica di prova e risultati sperimentali

Per l'esecuzione delle prove si è seguito,



come metodo di prova, quanto fissato dal DM 27/7/1985. In esso si stabilisce che la prova deve essere effettuata mediante immersione dei campioni in acqua a 20°C per 90 giorni; inoltre l'inizio della prova deve avvenire di regola entro 30 giorni dall'ultimazione del processo produttivo del laterizio. In merito alla preparazione dei campioni, il Decreto precisa solo che essi vengano ricavati dai blocchi mediante opportuno taglio e che debbano avere dimensioni minime di mm 30x120 spessore.

A cura della Sezione "Solai" dell'ANDIL sono stati recapitati al Centro Ceramico campioni di prova provenienti da 36 produttori diversi; prima di essere sottoposti a prova i campioni, quando necessario, sono stati rettificati mediante taglio a secco.

Prima dell'esecuzione della prova non è stato effettuato nessun trattamento di essiccazione o di ricottura in quanto non previsto dal citato Decreto.

I risultati della prima serie di prove (Tabella 1) hanno dato valori generalmente molto elevati se paragonati con il limite massimo fissato dal Decreto (400 µm/m); solo in 5 casi su 36 i valori trovati sono risultati inferiori al citato valore di soglia. Ciò ha indotto non poche perplessità anche perchè analoghe prove, effettuate in precedenza da altri laboratori su campioni provenienti dalle stesse aziende, avevano fornito valori sensibilmente inferiori e sempre rientranti nel limite fissato dal Decreto Ministeriale (Tabella 1).

Va comunque osservato che i risultati ottenuti non sono in disaccordo con quelli riportati in letteratura, specie se determinati su laterizi "kiln-fresh": cioè, se può contribuire a giustificare gli alti valori rilevati, non spiega i bassi valori riscontrati, soprattutto, da altri laboratori.

Un esame approfondito della metodica di prova seguita, che peraltro risulta abbastanza semplice non richiedendo l'impiego di Strumentazione particolare, non ha consentito di rilevare errori sistematici o casuali tali da influenzare la significatività delle misure effettuate.

Si è pertanto deciso di proseguire lo Studio verificando altri fattori potenzialmente influenti ai fini dei risultati ottenuti:

- il campionamento: il taglio dei provini dai blocchi doveva avvenire, come specificato dal DM, entro 30 giorni dalla produzione dei blocchi stessi;

- la preparazione dei provini: da quanto visto in letteratura il taglio ad umido, non seguito da adeguata ricottura, potrebbe già provocare un'espansione, per cui il risultato a fine prova risulta alterato nel senso di una diminuzione del valore misurato.

Riguardo al campionamento, non è stato possibile procedere ad una verifica diretta "a

Tabella I - Prove di espansione all'umidità (DM 27/7/1985)

	1 ^a serie di prove (µm/m)	2 ^a serie di prove (µm/m)	Altri lab. (µm/m)
1	605	250	
2	264	n.e.	
3	759	170	
4	1427	265	
5	493	195	
6	1287	180	214
7	1323	210	
8	1203	185	
9	1312	350	267, 253, 193
10	1429	280	172, 235
11	611	200	42
12	518	240	358
13	639	190	108
14	806	250	144
15	2234	180	130, 160, 92
16	1092	330	
17	213	n.e.	370, 375, 39, 2
18	1094	390	
19	210	n.e.	228
20	2609	230	
21	1360	255	47, 4
22	248	n.e.	391
23	1140	310	
24	1674	318	300
25	1208	380	248
26	1673	320	
27	1114	280	172, 235
28	1617	270	
29	99	n.e.	78, 76, 81
30	667	380	
31	797	280	
32	1660	360	
33	983	270	373, 357
34	696	220	106, 109, 91
35	486	340	234
36	1108	190	

posteriori". Si è quindi optato per l'esecuzione di una seconda serie di misure sugli stessi campioni dopo sette mesi dall'esecuzione della prima serie di misure; nel frattempo i campioni sono stati mantenuti in laboratorio a 20 ± 3°C e ad un'umidità relativa del 70%. Con tale stagionatura, scelta in base alle indicazioni della letteratura, si è inteso simulare un invecchiamento "a piazzale" dei campioni. I risultati ottenuti (Tabella 1) sono decisamente inferiori rispetto a quelli della prima serie di misure: tutti i valori trovati rientrano nel limite fissato dal Decreto; inoltre esiste un discreto accordo tra i valori trovati dal Centro Ceramico e quelli riscontrati da altri laboratori.

Per quanto riguarda la valutazione dell'influenza dell'operazione di taglio sono stati appositamente preparati provini in forma di listelli di circa 200 mm di lunghezza, ricavati da un medesimo blocco "kiln-fresh", mediante taglio sia a secco che ad umido.

I provini sono quindi stati essiccati a 70°C per 24 ore, misurati due volte a tre ore di distanza e quindi immersi in acqua distillata a 20 ± 2 °C. Dopo 30 giorni si sono tolti i provini dal bagno, sono stati asciugati in superficie e condizionati a 20 ± 2 °C per tre ore; si sono quindi eseguite due misure a distanza di tre ore. I provini sono poi stati nuovamente immersi nel bagno. La stessa procedura è stata seguita dopo 60 e 90 giorni dall'inizio della prova.

In Tabella II si riassumono i risultati ottenuti. Come si può notare, i campioni tagliati ad umido hanno dato valori di espansione all'umidità sensibilmente inferiori rispetto agli analoghi valori ottenuti per taglio a secco (questi ultimi sono riportati in carattere corsivo). In secondo luogo si può osservare che la maggior parte dell'espansione avviene dopo i primi 30 giorni; nei periodi successivi l'incremento di espansione è decisamente inferiore.

Commento dei risultati

La ripetizione delle misure sugli stessi provini, eseguita a distanza di tempo e con la stessa metodica, ha fornito valori accettabili dal punto di vista del requisito fissato dal DM ed in linea con quanto riscontrato da altri laboratori. Anche in questo caso i risultati sono in accordo con quanto riportato in letteratura: il laterizio che è stato a contatto con l'umidità presenta valori di espansione sensibilmente inferiori.

Le prove effettuate sui provini appositamente preparati hanno confermato che il laterizio "kiln-fresh" è molto sensibile all'umidità, subendo un'espansione già a seguito del semplice taglio ad umido. Ciò è evidenziato dai risultati di Tabella II relativi a campioni ricavati da uno stesso blocco (identificato con le prime due cifre) e tagliati sia a secco che ad umido.

Questo comportamento è in accordo con quanto riportato in letteratura sull'andamento dell'espansione subito dopo l'uscita dal forno e nel primo periodo di "vita" del laterizio.

Questa considerazione può giustificare l'andamento dei valori riportati in Tabella I e relativi alla prima serie di misure: nel caso di campioni effettivamente "kiln-fresh" e tagliati a secco i valori sono sensibilmente elevati, come confermano anche i dati riportati in letteratura (in particolare [3,4,5,9,12]). Al riguardo va osservato che alcuni autori [3,4] a seguito di prove comparative di espansione

Tabella 11- Determinazione dell'espansione per umidità (DM 27/7/85)

Risultati delle prove effettuate in parallelo (Centro Ceramico - laboratorio RDB)

Campo	Lunghezza iniziale (mm)	Lunghezza dopo 30 gg (mm)	Espansione dopo 30 gg (\.t)	Espansione dopo 30 gg (%)	Lunghezza dopo 60 gg (mm)	Espansione dopo 60 gg (\.1)	Espansione dopo 60 gg (%)	Lunghezza dopo 90 gg (mm)	Espansione dopo 90 gg M	Espansione dopo 90 gg (%)
1.1.2	193.137	193.813	77	0.040	193.823	87	0.044	193.825	88	0.046
1.1.3	193.836	193.910	74	0.038	193.921	85	0.044	193.924	88	0.045
1.1.7	194.352	194.376	24	0.012	194.386	34	0.017	194.382	30	0.015
1.1.8	193.832	193.858	26	0.014	193.879	47	0.022	193.874	42	0.022
1.2.2	192.949	193.012	63	0.033	193.027	78	0.040	193.021	72	0.031
1.2.3	194.525	194.603	78	0.040	194.611	86	0.044	194.611	86	0.044
1.2.8	193.748	193.773	25	0.013	193.780	32	0.017	193.775	27	0.014
1.2.9	193.008	193.029	21	0.011	193.035	27	0.014	193.031	23	0.012
1.3.4	193.283	193.351	68	0.035	193.369	86	0.044	193.361	84	0.044
1.3.5	194.037	194.114	77	0.040	194.121	84	0.044	194.124	81	0.045
1.3.8	193.002	193.027	25	0.013	193.039	37	0.019	193.042	40	0.021
1.3.9	192.274	192.296	22	0.011	192.307	33	0.017	192.310	36	0.019

per esposizione naturale e per immersione in acqua a temperatura ambiente, hanno dimostrato che queste ultime prove forniscono valori superiori a quanto riscontrabile a seguito di un'espansione naturale. I valori più bassi determinati nella prima serie di misurazioni potrebbero essere dovuti sia al taglio ad umido che al prelievo dei campioni di prova da materiale a piazzale; questa ipotesi, pur se suffragata dai risultati sperimentali, non è dimostrabile in quanto manca il riscontro oggettivo del campionamento.

A riguardo dell'operazione di taglio, si nota che non è sufficiente un semplice essiccamento a bassa temperatura (intorno ai 100°C) per eliminare l'acqua assorbita e riportare il campione nelle condizioni "kiln-fresh", ma occorrono trattamenti termici a temperature più elevate (non inferiori a 600°C) come dimostrato da vari autori [3,4,6,10,11].

D'altra parte il DM nulla dice al riguardo: si parla solo genericamente di "taglio" e si specifica che la prova deve essere condotta "entro 30 giorni dall'ultimazione del processo produttivo del laterizio": tale indicazione, dunque, pecca di imprecisione ed aleatorietà, visti i dati della letteratura sull'andamento dell'espansione per umidità durante il primo mese dall'uscita del laterizio dal forno.

Sulla base dei risultati sperimentali, e dopo aver verificato l'attendibilità della metodica di prova, si può ritenere che i valori trovati possono tutti avere una loro giustificazione, sulla base delle ricerche svolte sull'argomento e riportate nella letteratura internazionale.

Conclusioni

I risultati ottenuti hanno evidenziato che nella determinazione dell'espansione per umidità sono determinanti alcune condizioni di prova (in particolare il campionamento ed il metodo di taglio dei provini) riguardo alle quali la normativa vigente si presenta piuttosto lacunosa.

I valori, pur con le limitazioni evidenziate nella metodologia ufficiale di prova seguita, sono in sostanziale accordo con quanto riportato in letteratura e forniscono un primo quadro relativo alla produzione nazionale. Essi quindi si possono considerare un primo passo nello studio dell'espansione all'umidità dei laterizi italiani.

Tuttavia, al fine di conseguire una migliore comprensione del fenomeno, si ritiene che lo studio debba proseguire sui seguenti aspetti:

- la messa a punto di una metodica di prova che consenta di ottenere risultati sufficientemente attendibili a tempi brevi, superando in questo modo le lacune che presenta la metodica ufficiale di prova: utili indicazioni si possono desumere da analoghe metodiche sviluppate e messe a punto in altri paesi;
- un'indagine sistematica che consenta di correlare le caratteristiche dei laterizi con le materie prime nazionali impiegate per produrli: anche in questo ambito non mancano indicazioni e metodiche di studio che, opportunamente adattate, possono essere di utile traccia e riferimento per una migliore comprensione del fenomeno e, in definitiva, per la valorizzazione e l'ottimizzazione dell'impiego dei laterizi.

Bibliografia

- [1] Lomax J., Ford R.W., "Moisture expansion: investigations into a method for assessing the long-term moisture expansion of day bricks", Trans. J. Brit. Ceram. Soc. 82 (1983), 79-82 p.
- [2] Young J.E., Brownell W.E., "Moisture expansion of clay products", Journ. Amer. Cer. Soc. 42 (1959), 12, 571-581 p.
- [3] Vaughan F., Dinsdale A., "Moisture expansion", Trans. Brit. Cer. Soc. 61, (1962), 1, 1-19 p.
- [4] West H.W.H., "Moisture movement of bricks and brickwork", Trans. Brit. Cer. Soc. 66 (1967), 4, 137-160 p.
- [5] Laird R.T., Wickens A.A., "The moisture expansion of full-size bricks", Trans. Brit. Cer. Soc. 67 (1968), 12, 629-638 p.
- [6] Robinson G.C., "The reversibility of moisture expansion", Bull. Amer. Ceram. Soc. 64, 5, (1985), 712-715 p.
- [7] Cole W.F., "Prediction on moisture expansion from chemical data", J. Aust. Ceram. Soc. 7 (1975), 20-27 p.
- [8] Cole W.F., "The contribution of Csiroa to the study of moisture expansion of bricks", J. Aust. Ceram. Soc. 22 (1986), 45-54 p.
- [9] McNeil T., "Brick expansion: aspects of the Australian experience", Trans. J. Brit. Ceram. Soc. 82 (1983), 14-16 p.
- [10] Birtwistle R., Cole W.F., "Kinetics of moisture expansion of ceramic bodies", Bull. Amer. Ceram. Soc. 48 (1969), 1128-1132 p.
- [11] Howden M.G., "Activation energy of moisture expansion of some fired clay bricks", Trans. J. Brit. Ceram. Soc. 76 (1977), 27-30 p.
- [12] Cole W.F., "On the prediction of long-term moisture expansion of fired clay bricks", J. Aust. Ceram. Soc. 24 (1988), 81-88 p.

Si ringraziano il geom. Adelino Crema, del Laboratorio Prove RDB di Pontenure, e l'ing. Giorgio Zanarini, del Consorzio Alveolater, per la fattiva collaborazione prestata nel corso dello svolgimento della ricerca.