Capitolo I.2
Analisi del patrimonio edilizio scolastico esistente: problematiche relative ai consumi energetici e alla vulnerabilità sismica

Obiettivo di questa parte della ricerca è la restituzione del quadro generale, rappresentativo dello stato dell'edilizia scolastica esistente sul territorio nazionale, con specifico riferimento alle problematiche sismiche ed energetiche.
Vengono quindi analizzati i principali dati rappresentativi relativi alle carenze strutturali ed inefficienze energetiche presenti negli edifici scolastici.
Le fonti citate si riferiscono ai dati pubblicati dall'Anagrafe Scolastica, ai rapporti annuali elaborati da Legambiente e Cittadinanzattiva sulla qualità dell'edilizia scolastica, unitamente ad una serie di studi, report e indagini condotti in ambito nazionale.

I.2.1 Edifici Scolastici e contesto

Come'è stato analizzato nel precedente capitolo, il territorio italiano è caratterizzato da un'elevata sismicità, che fa del rischio sismico il più rilevante tra quelli di origine naturale, e da un clima cosiddetto "mediterraneo" che comprende estati molto calde ed afose ed inverni che, a seconda dell'altitudine e della collocazione geografica specifica, possono risultare anche molto rigidi e lunghi.

In molte regioni, le zone ad elevato rischio sismico sono anche le zone caratterizzate da un numero maggiore di Gradi Giorno[1] rispetto alla media regionale. Dalla sovrapposizione della mappa climatica con la mappa sismica, si nota una certa corrispondenza tra le zone ad elevata sismicità e le zone con più alte temperature. Nel grafico in figura I.2.1 viene mostrata questa corrispondenza analizzando nello specifico alcune regioni dell'Italia centro-meridionale.

Dalla comparazione emergono delle considerazioni interessanti: la Regione Puglia ad esempio, pur collocandosi quasi completamente in fascia climatica C[2], presenta una zona ben definita che corrisponde alla Provincia di Foggia, caratterizzata sia da temperature più basse (in queste zone si possono raggiungere i 2.700 gradi giorno) che da una importante pericolosità sismica. Lo stesso fenomeno è rilevabile in alcune zone della Calabria ed in Toscana.

Si deduce quindi che in alcuni ambiti geomorfologici specifici spesso la problematica sismica negli edifici esistenti coesiste in modo significativo con la problematica relativa ai consumi energetici. In queste zone dunque, la progettazione e riqualificazione degli edifici richiede una particolare attenzione sia dal punto di vista della riduzione dei consumi energetici che della messa in sicurezza strutturale.

Nel processo di riqualificazione energetica e sismica, gli edifici scolastici giocano un ruolo fondamentale, tenuto conto della rilevanza che sotto vari aspetti assume il patrimonio edilizio

[1] Secondo la definizione della norma UNI EN ISO 15927-6:2008, "per gradi giorno di una località s'intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno".
[2] Per la definizione delle fasce climatiche si rimanda al paragrafo I.1.4 "Evoluzione della classificazione climatica".

destinato all'istruzione, per importanza strategica, per il numero di persone coinvolte, per l'importanza legata alla necessità di efficienza funzionale in caso di emergenza, ma anche per la potenzialità di risparmio energetico che si potrebbe ricavare da una gestione razionale, e su larga scala, dei consumi energetici.

Nonostante molte problematiche presenti all'interno degli edifici scolastici siano connaturate con il contesto geomorfologico e climatico, in Italia non esiste una tradizione consolidata sull'approccio alle tematiche energetiche e sulle questioni relative alla difesa dai terremoti, ragione per cui fin'ora le risorse statali destinate alla riqualificazione degli edifici scolastici e alla manutenzione del territorio sono state poche e limitate soprattutto a risolvere le situazioni di emergenza, venendo a mancare una visione strategica generale per la definizione di piani e programmi.

I dati rappresentativi della situazione in cui versa l'attuale patrimonio edilizio scolastico sono quelli pubblicati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca unitamente ad altre recenti indagini di livello nazionale quali:

- il "X Rapporto su sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici" di Cittadinanzattiva;
- il dossier dell'Unione della Province Italiane "Le funzioni, i dati, le competenze, la sicurezza degli edifici scolastici" del 2012;
- il XIII rapporto di Legambiente sulla "Qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi".

I dati ricavati dalle indagini sopra citate mostrano una certa "permanenza dello stato di fatto" degli edifici scolastici esistenti, ovvero quanto poco sia stato fatto negli ultimi anni per arginare le problematiche relative alla vulnerabilità sismica ed agli eccessivi consumi energetici.

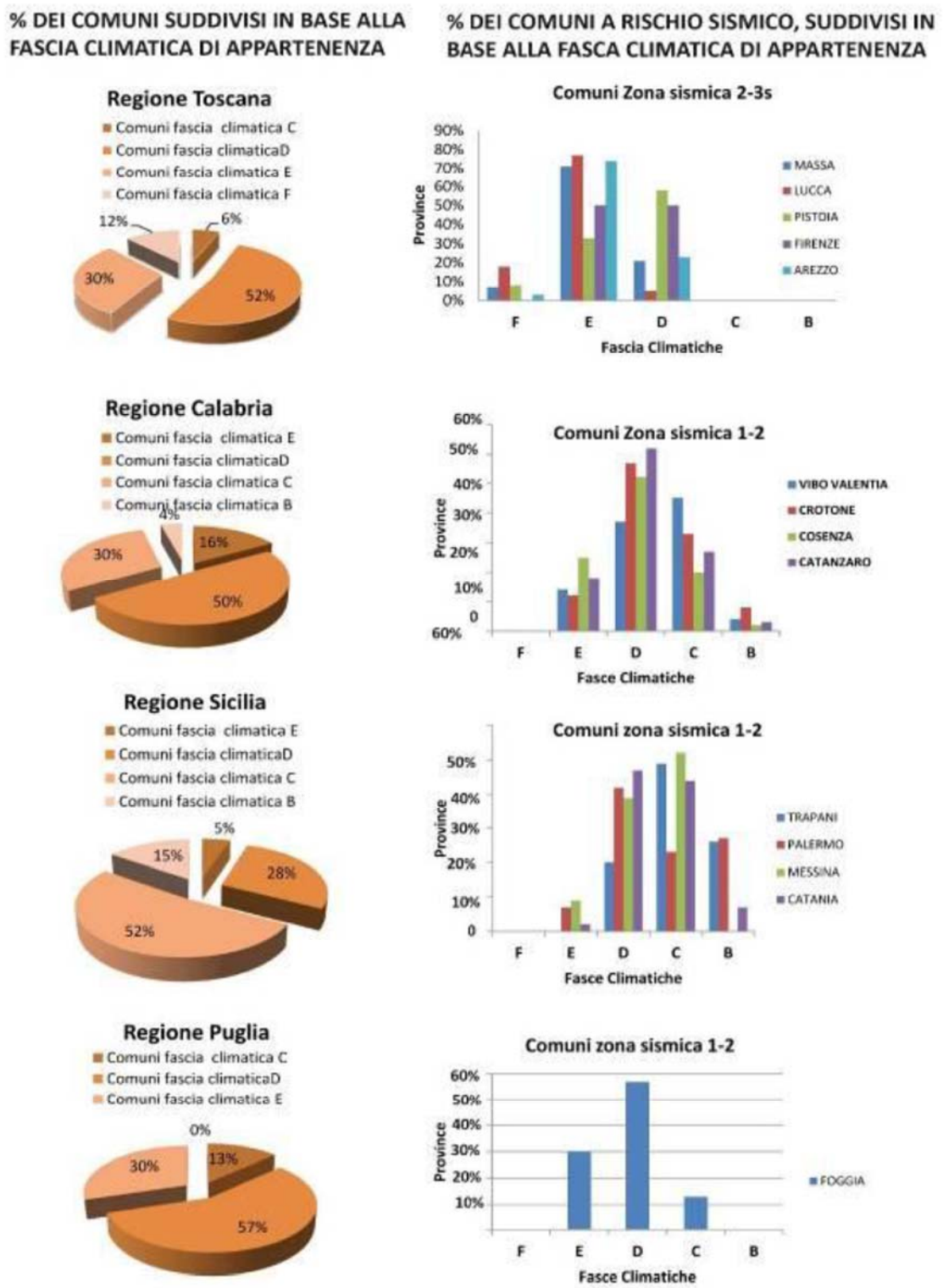


Fig. I.2.1 Comparazione, per ciascuna Regione ritenuta più significativa, tra la "fascia climatica prevalente" e la "fascia climatica specifica" delle Province classificate in zona sismica 1-2 (elaborazione dati Comuni-Italiani.it).

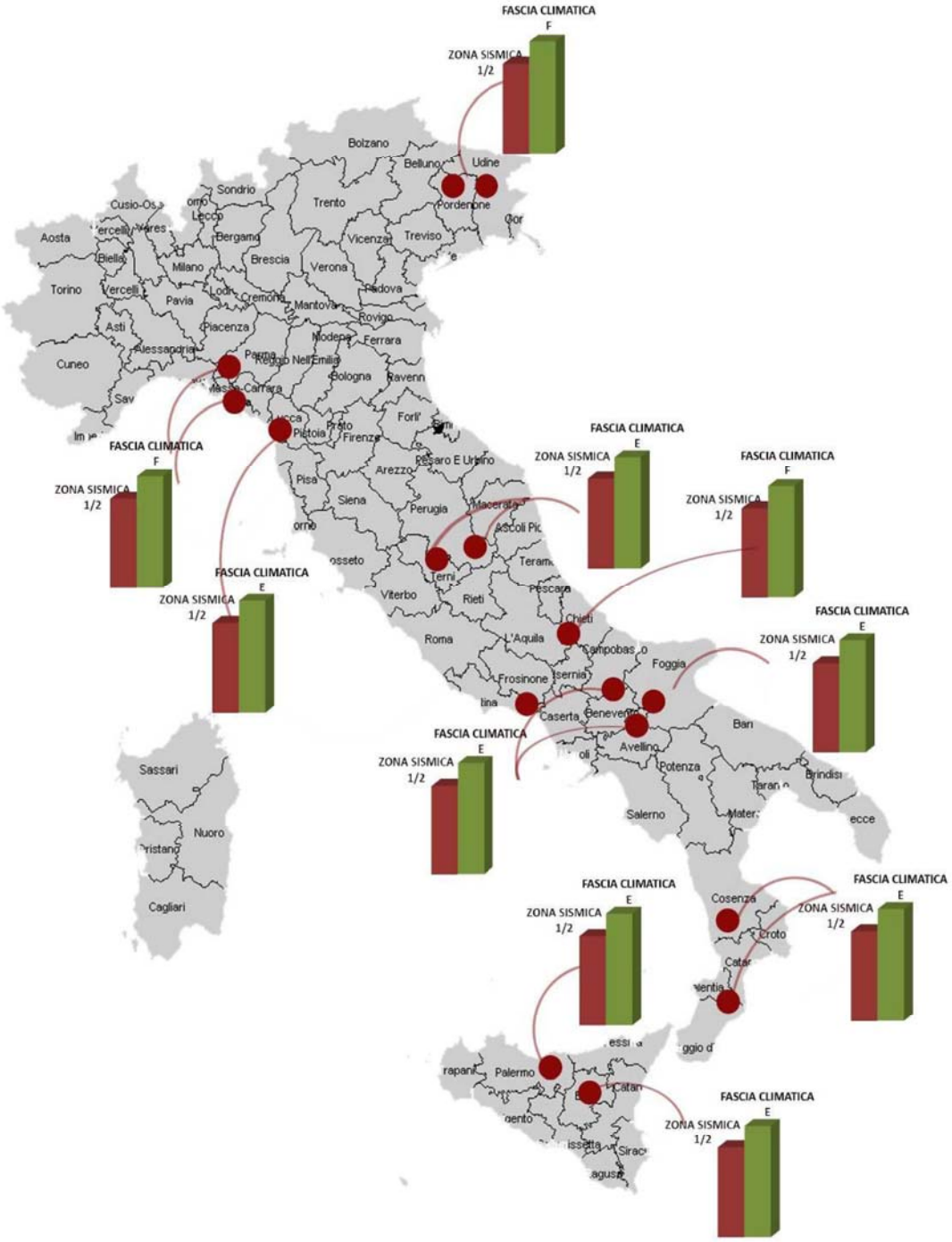


Fig. I.2.2 Individuazione delle zone caratterizzate da elevati valori di sismicità e di Gradi Giorno. (Elaborazione dati Comuni-Italiani.it)

I.2.2 Consistenza del patrimonio edilizio scolastico esistente

Per avere un ordine di grandezza della problematica energetica e sismica connessa agli edifici scolastici, è necessario conoscere prima di tutto la consistenza e la distribuzione delle sedi sul territorio nazionale.

La normativa italiana suddivide il sistema educativo d'istruzione in:
- scuola dell'infanzia (nido e scuola materna): rilevanza comunale;
- scuola di base (elementare e media): rilevanza comunale;
- scuola secondaria (superiore): rilevanza provinciale;
- università: rilevanza regionale

Le istituzioni scolastiche sul territorio nazionale sono distribuite in 41.483 sedi. In questi edifici per l'a.s. 2013/2014 gli alunni previsti sono 7.878.661, per un totale di 366.838 classi. Il 65,7% degli alunni ed il 67,2% delle classi sono concentrati nella scuola primaria e secondaria di II grado.

Regione	scuola dell'infanzia	scuola primaria	scuola seondaria di I grado	scuola seondaria di II grado	Totale sedi scolastiche
Piemonte	1.069	1.294	506	348	3.217
Lombardia	1.310	2.206	1.098	658	5.272
Veneto	595	1.405	584	364	2.948
Friuli	301	364	154	125	944
Liguria	313	428	172	121	1.034
Emilia Romagna	725	956	419	311	2.411
Toscana	907	944	400	332	2.583
Umbria	314	290	106	93	803
Marche	489	443	222	158	1.312
Lazio	1.055	1.139	573	460	3.227
Abruzzo	491	434	217	143	1.285
Molise	123	138	83	48	392
Campania	1.595	1.541	745	640	4.521
Puglia	994	738	418	456	2.606
Basilicata	226	201	144	104	675
Calabria	900	869	446	296	2.511
Sicilia	1.573	1.429	652	549	4.203
Sardegna	505	513	324	197	1.539
Italia	13.485	15.332	7.263	5.403	41.483

Tab. I.2.1 Sedi scolastiche per regione e livello scolastico_A.S. 2013/2014 (Fonte: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Direzione Generale per gli Studi, la Statistica e per i Sistemi Informativi – Servizio Statistico)

Nello specifico le sedi scolastiche sono suddivise in:

- Scuola dell'infanzia (32,5%)

> "La scuola dell'infanzia, di durata triennale, concorre all'educazione e allo sviluppo affettivo, psicomotorio, cognitivo, morale, religioso e sociale delle bambine e dei bambini." [3]

[3] Legge 28 marzo 2003, n. 53

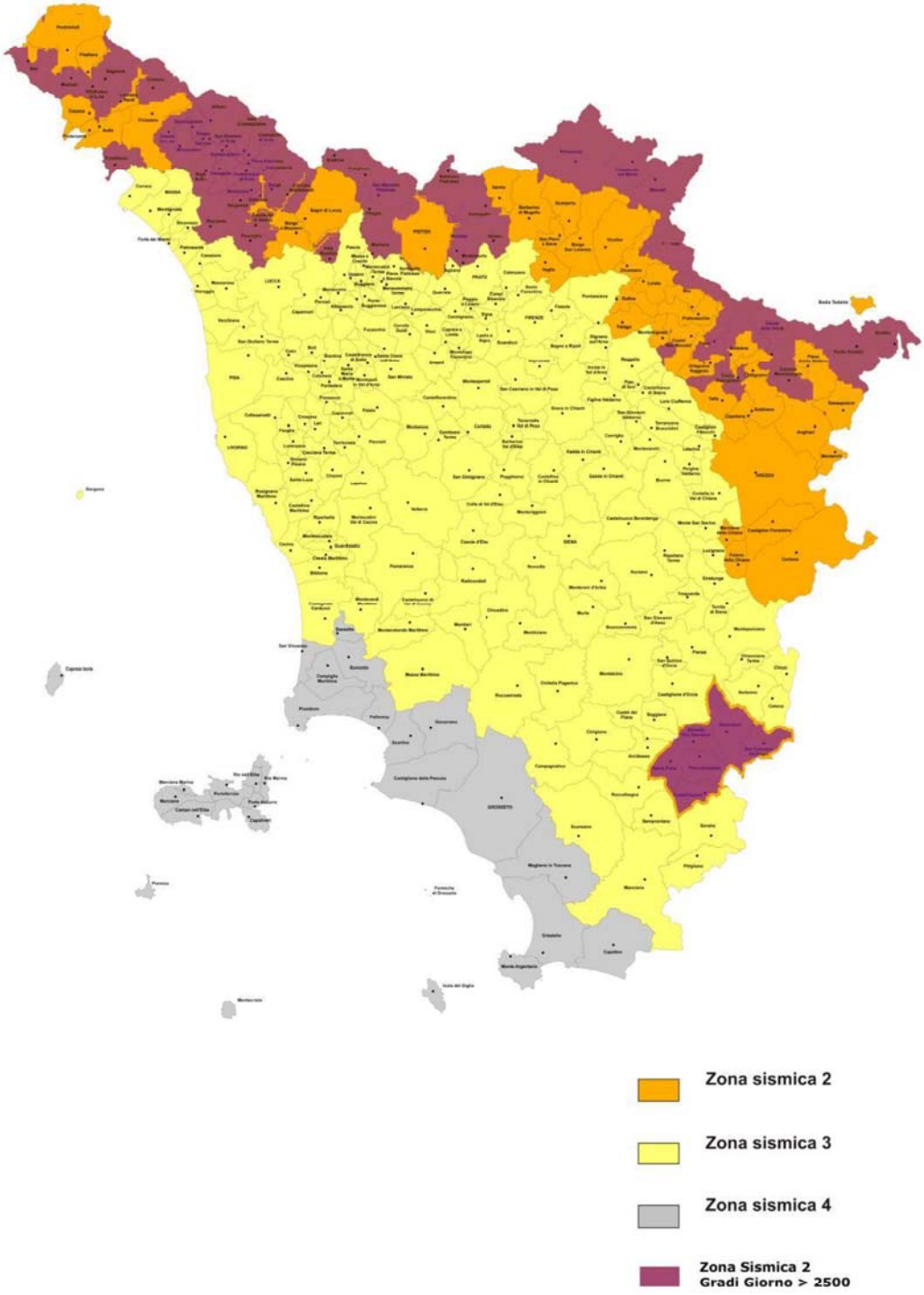


Fig. I.2.3 Regione Toscana- sovrapposizione zona sismica/fascia climatica. Le zone sismiche nella Regione Toscana sono anche quelle caratterizzate da un maggiore numero di gradi Giorno (rielaborazione dati Comuni-Italiani.it e dati Sito della Regione Toscana www.retetoscana.it).

Le sezioni della scuola dell'infanzia sono costituite con un numero minimo di 18 e un massimo di 26 alunni, salvo i casi di presenza di alunni disabili. Eventuali iscritti in eccedenza dovranno essere ridistribuiti tra le diverse sezioni della stessa scuola, senza superare il numero di 29 alunni per sezione.

- Scuola primaria (37%)

"La scuola primaria è articolata in un primo anno, teso al raggiungimento delle strumentalità di base, e in due periodi didattici biennali. Insieme alla scuola secondaria di I grado, costituisce il primo ciclo di istruzione."[4]

Le sezioni della scuola primaria sono costituite con un numero minimo di 15 e un massimo di 26 alunni, salvi i casi di presenza di alunni disabili. Eventuali iscritti in eccedenza dovranno essere ridistribuiti tra le diverse sezioni della stessa scuola, senza superare il numero di 27 alunni per sezione. Nelle scuole nelle quali si svolge il tempo pieno, il numero complessivo delle classi e determinato sulla base del totale degli alunni iscritti. Nei comuni di montagna, nelle piccole isole e nelle aree geografiche abitate da minoranze linguistiche possono essere costituite classi con un numero minimo di 10 alunni.

- Scuola secondaria di I grado (17,5%)

"La scuola secondaria di I grado si articola in un biennio e in un terzo anno che completa prioritariamente il percorso disciplinare."[5]

Le sezioni della scuola secondaria di I grado sono costituite con un numero minimo di 18 e un massimo di 27 alunni. Eventuali iscritti in eccedenza devono essere ridistribuiti tra le diverse sezioni della stessa scuola, senza superare il numero di 28 alunni per classe. Si procede alla formazione di un'unica classe quando il numero degli iscritti non supera le 30 unita. Nei comuni di montagna, nelle piccole isole e nelle aree geografiche abitate da minoranze linguistiche possono essere costituite classi anche con alunni iscritti ad anni di corso diversi, con un numero massimo di 18 alunni.

- Scuola secondaria di II grado (13%)

"La scuola secondaria di II grado è costituita dal sistema dei licei, che comprende artistico, classico, economico, linguistico, musicale e coreutico, scientifico, delle scienze umane." [6]

Le sezioni della scuola secondaria superiore sono costituite con un numero minimo 27 alunni. Eventuali iscritti in eccedenza essere ridistribuiti nelle classi dello stesso istituto, sede coordinata e sezione staccata, senza superare il numero di 30 alunni per classe. Le classi del primo anno di corso delle sedi coordinate e delle sezioni staccate e aggregate, le sezioni di diverso indirizzo o specializzazione funzionanti con un solo corso devono essere costituite con un numero minimo di 25 alunni.

[4] Legge 28 marzo 2003, n. 53.
[5] Legge 28 marzo 2003, n. 53 – art. 2, comma F.
[6] Legge 28 marzo 2003, n. 53 – art. 2, comma G; D. Lgs. 17 ottobre 2005, n. 226.

Scuole speciali

- Scuole di ogni ordine e grado istituite per speciali compiti di istruzione ed educazione di minori in situazione di disabilità e di minori in stato di difficoltà. Sono presenti sul territorio nazionale scuole speciali per non vedenti e per sordomuti.[7]

I.2.3 Le principali vulnerabilità e carenze sismiche

Dei 41.483 edifici scolastici diffusi sul territorio nazionale[8], circa 24.073 strutture risultano esposte a rischio sismico. La mappa della distribuzione al rischio degli edifici scolastici risulta così composta:

- Edifici scolastici esposti al rischio nelle regioni del Sud: 10.835 (45% del totale a rischio);
- Edifici scolastici esposti al rischio nelle regioni del Centro: 5.185 edifici (22% del totale a rischio);
- Edifici scolastici esposti al rischio nelle regioni del Nord: 2.985 (12% del totale a rischio).

Le Regioni più colpite sono la Sicilia (4.894 edifici scolastici), la Campania (4.872 edifici scolastici) e la Calabria (3.200 edifici scolastici). Infine si stima che nella Regione Lazio le strutture potenzialmente ad elevato rischio siano 1.835, nelle Marche 1.767 e in Emilia Romagna 1.367.

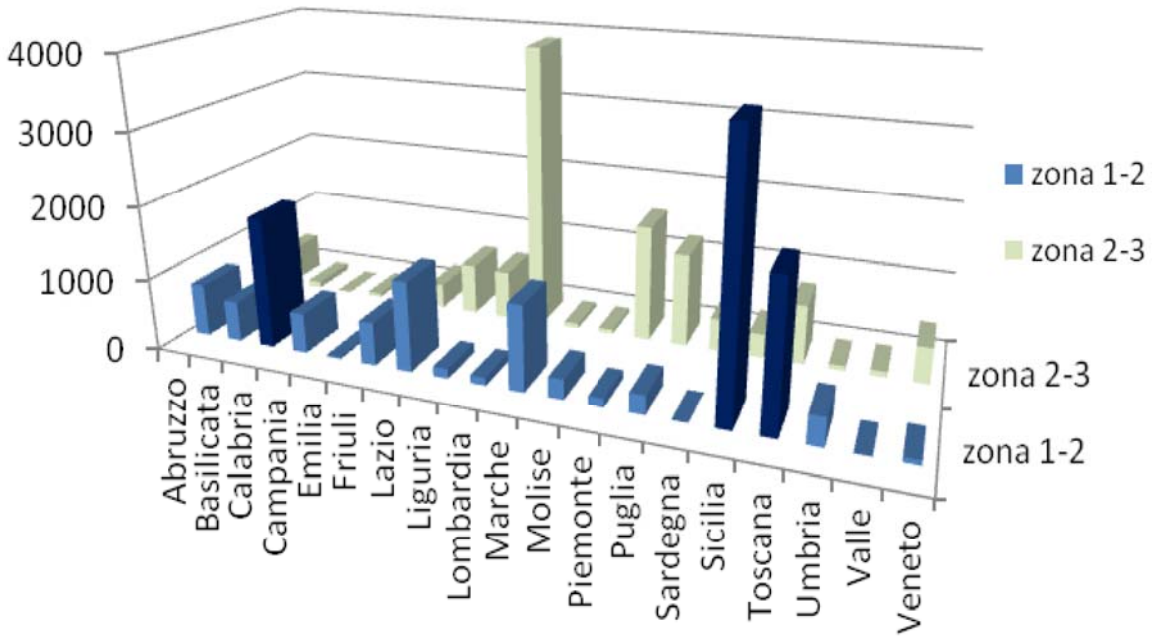


Fig. I.2.4 Rapporto situazione edilizia scolastica in zona sismica, Settembre 2012. (Fonte: dati Miur).

[7] D.lgs. 16 aprile 1994, n. 297 – articoli 322, 323 e 324.

[8] Secondo il Rapporto Ance-Cresme "Lo stato del territorio italiano – Rischio sismico e edifici industriali", il 44% della superficie nazionale italiana è classificata ad elevato rischio sismico, comprendendo una superficie di circa 131.000 Km^2, ovvero il 36% dei comuni.

Le principali problematiche rilevate dopo un evento sismico hanno riguardato il collasso delle strutture portanti e dei nodi strutturali, il crollo dei solai e delle coperture, il ribaltamento dei maschi murari e delle tamponature. Tuttavia il dato più preoccupante, e che non può essere trascurato, è quello relativo alle cadute ed ai cedimenti degli elementi non strutturali, come i controsoffitti, i tamponamenti, i tramezzi, ma anche insegne e arredamenti, che in numerosi casi sono state la causa di numerose vittime[9].

Tali cedimenti non sempre sono legati all'evento sismico, ma spesso sono la diretta conseguenza di una mancata manutenzione ordinaria e straordinaria[10]. I dati forniti dal X Rapporto di Cittadinanza attiva sulla "Sicurezza a scuola 2012", confermano che i pericoli più frequenti riscontrati all'interno degli edifici scolastici riguardano i distacchi di intonaco e dei controsoffitti. Nello specifico i danni non strutturali interessano:

- per il 24% corridoi ed ingressi;
- per il 18% aule e laboratori scientifici;
- per il 17%, palestre e segreterie;
- per il 15%, mense e sale professori;
- per il 13%, bagni;
- per il 13%, aule computer e biblioteche.

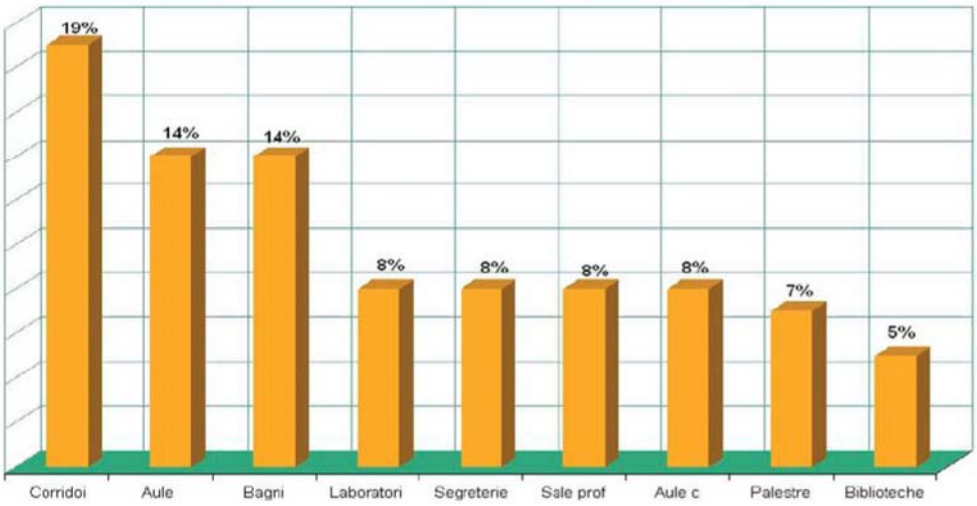


Fig. I.1.5: Distacchi di intonaco (Fonte: X Rapporto Cittadinanzattiva, Sicurezza a scuola, 2012).

[9] Si ricorda il crollo di un controsoffitto avvenuto il 22 Novembre 2008 nel Liceo Scientifico Darwin di Rivoli, che ha causato la morte di uno studente.

[10] Secondo il X rapporto di Cittadinanzattiva del 2012, circa il 90% degli edifici scolastici necessita di interventi di manutenzione ordinaria, mentre il restante 31% necessita di manutenzione straordinaria.

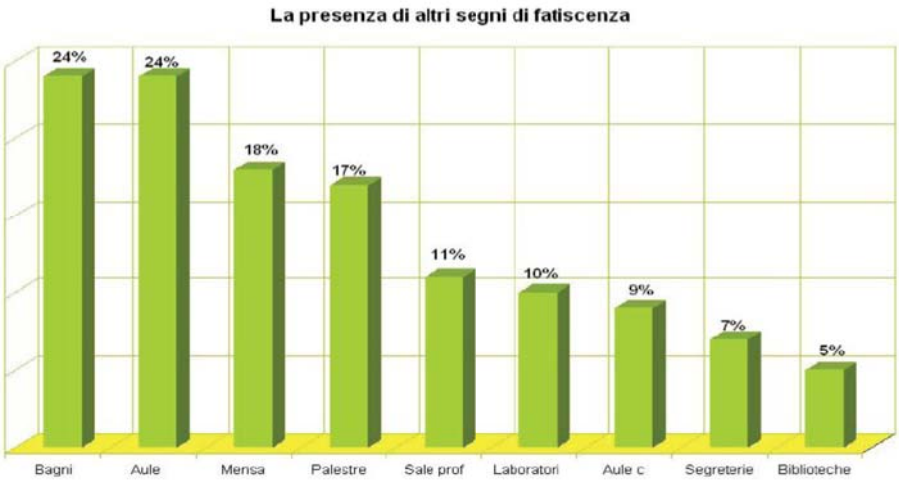


Fig I.2.6: Presenza di segnali di fatiscenza (Fonte: X Rapporto Cittadinanzattiva, Sicurezza a scuola, 2012).

I recenti terremoti hanno messo in evidenza l'incidenza della vulnerabilità degli elementi non strutturali per la sicurezza degli studenti, e il costo economico da sostenere per il ripristino. Durante un terremoto, infatti, anche il danneggiamento degli elementi non strutturali può costituire una grave minaccia per l'incolumità degli alunni, oltre a determinare l'ostruzione delle vie di fuga[11].

Di fronte a tale consistenza di edifici vulnerabili e alle problematiche connesse, non è stata contrapposta fin'ora un'efficace politica di gestione e manutenzione, in grado almeno di prevenire eventuali rischi in caso di evento sismico. La gestione "ordinaria" e "straordinaria" dell'edilizia scolastica esistente, dovrebbe inoltre essere supportata da una documentazione completa, che sia in grado da un lato di definire le principali caratteristiche tipologiche e tecnologiche, dall'altra sia garanzia di agibilità e sicurezza delle strutture. Un consistente numero di edifici scolastici invece, risulta non essere in possesso di adeguata certificazione.

Nello specifico, i dati pubblicati nel settembre 2012 dall'Anagrafe dell'edilizia scolastica evidenziano le seguenti carenze:

- 3.745 edifici sono progettati rispettando la normativa antisismica;
- 1.614 edifici sono in possesso del certificato di conformità. Tale certificato viene rilasciato dall'ufficio tecnico competente ed attesta la perfetta rispondenza dell'opera eseguita alle norme per le costruzioni in zona sismica, ai sensi dell'art. 28 della Legge 64/74 e seguenti;
- 1.967 edifici sono in possesso del certificato di relazione geotecnica;
- 2.618 edifici sono in possesso del certificato di relazione geologica attestante le caratteristiche generali e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione;
- 4.479 edifici sono in possesso di documenti attestanti l'avvenuta verifica sismica ai sensi dell'art. 2 Ord. Pres. Cons. n°3274 del 20/3/2003 o l'intenzione di effettuare tale verifica successivamente alla rilevazione.

[11] Cfr. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Linee guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole, 2009.

Lo strumento principale in grado di verificare e valutare il reale stato degli edifici scolastici è rappresentato dalle verifiche sismiche. Tali verifiche sono fondamentali per dare un giudizio definitivo sul grado di vulnerabilità dell'edificio, ovvero di individuare l'intervento di miglioramento/adeguamento sismico necessario.

La valutazione della sicurezza sismica è obbligatoria nel caso di edifici pubblici, quindi nel caso di scuole[12]. Nonostante i fondi messi a disposizione a livello nazionale, finalizzati al controllo analitico di tutti gli edifici a rischio sul territorio italiano, ad oggi risulta che solo 20% degli edifici scolastici situati in zone classificate ad alto rischio sismico, hanno portato a termine le verifiche.
Le principali ragioni sono l'elevato costo e i lunghi tempi necessari: solo il 50% dei costi per le verifiche infatti è coperto dai finanziamenti statali, e in tempi di limitata disponibilità economica per comuni e Province, risulta non semplice reperire i fondi per colmare la restante parte.

Infine, per quanto riguarda gli investimenti che, in ragione delle problematiche strutturali e non strutturali presenti negli edifici scolastici devono essere sostenuti, i costi stimati sono molto elevati ed i finanziamenti insufficienti. La stima dei costi per la messa in sicurezza delle scuole italiane rispetto al rischio sismico non è facile, a causa della mancanza di dati di dettaglio relativi ai singoli edifici scolastici e, pertanto, si deve procedere per grandi numeri, con stime indirette, basate sui pochi dati disponibili in forma omogenea a livello nazionale.

Per avere un ordine di grandezza delle spese necessarie per la messa in sicurezza degli edifici scolastici, sono state prese in considerazione le valutazioni effettuate in occasione della redazione del Piano straordinario per la messa in sicurezza delle scuole[13]. La stima effettuata fa riferimento ai costi sostenuti nella ricostruzione post terremoto delle Regioni Umbria-Marche. Tale stima si limita gli edifici considerati a rilevante rischio sismico, situati nelle zone sismiche 1,2 e 3, e progettati nel periodo antecedente il 1979 (ovvero prima dei D.M. di attuazione della legge 64/74 e della riclassificazione sismica successiva al sisma del 1980).

Complessivamente, il fabbisogno economico calcolato è di circa 13 miliardi di euro e non è comprensivo di lavori pesanti di adeguamento sismico né di messa a norma degli impianti. Si tratta in ogni caso di stime approssimative che danno solo l'ordine di grandezza del fabbisogno necessario per il miglioramento sismico[14]. Alla luce di queste considerazioni, risulta necessario ed urgente intervenire per mettere in sicurezza gli edifici scolastici esistenti che rappresentano edifici strategici di primaria importanza.

Dall'analisi dello stato di fatto degli edifici scolastici, emerge una inefficienza diffusa del sistema della gestione tecnica del patrimonio edilizio, connessa ad una mancanza di monitoraggio costante e integrato dello stato degli edifici, che non permette di definire la priorità degli

[12] La necessità, per l'Ente titolare dell'immobile, di valutare la vulnerabilità sismica è stata sancita per la prima volta dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003L'O.P.C.M. 3274 emanata il 20 marzo 2003, all'art. 2, comma 3, recitava: "È fatto obbligo di procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, ai sensi delle norme di cui ai suddetti allegati, sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso. Le verifiche di cui al presente comma dovranno essere effettuate entro cinque anni dalla data della presente ordinanza e riguardare in via prioritaria edifici ed opere ubicate nelle zone sismiche 1 e 2,(...)".

[13] art.80, comma 21, legge 289/2002, del Ministero delle Infrastrutture sulla base della Banca dati del MIUR.

[14] Dolce M., Attività della Protezione Civile per la sicurezza sismica delle scuole, documento disponibile sul sito www.assisi-antiseismicsystems.org/Territorial/GLIS/Glisnews/GN12/GN12_4_Dolce.pdf (rilevato 17/05/2013)

interventi e quindi di provvedere ad una loro efficace pianificazione economica e operativa. Gli investimenti in manutenzione degli edifici scolastici sono inversamente proporzionali all'urgenza di intervento[15]. Dal 2008 ad oggi si rileva un calo del 50% degli investimenti sia in manutenzione straordinaria, ma soprattutto nella manutenzione ordinaria (meno 55%), rivelando una certa difficoltà nel mantenere la qualità degli standard di cura degli edifici.[16]

I.2. 4 Le principali problematiche relative ai consumi energetici

L'edilizia scolastica rientra tra le categorie di edifici con più alti livelli di consumo energetico. La causa è da ricercarsi sia nella complessa gestione energetica rispetto ad altre tipologie edilizie, che alle specifiche attività che vi vengono svolte.
I consumi energetici complessivi delle scuole italiane si aggirano attorno ad 1 milione di TEP all'anno di cui il 70% circa per il riscaldamento e il 30% per i consumi di energia elettrica[17].
Le tipologie scolastiche più energivore sono le scuole secondarie superiori, rappresentando il 27% circa dei consumi complessivi. All'elevato livello dei consumi per il funzionamento delle strutture scolastiche non è contrapposta un'efficace politica di gestione energetica di tali edifici, in grado di garantire il miglioramento della qualità degli ambienti interni in termini di comfort termico, di contenimento della domanda energetica, di uso razionale dell'energia, di riduzione delle emissioni inquinanti e di corretta gestione dei servizi energetici.

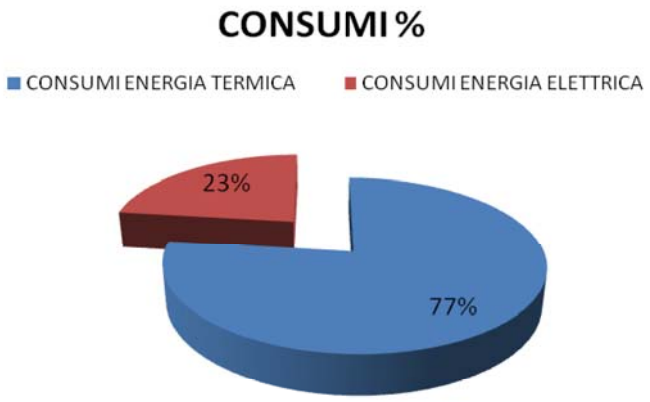


Fig. I.2.7 Percentuale di consumi di energia termica ed elettrica negli edifici scolastici (Fonte: XIV Rapporto Ecosistema Scuola (a cura di) Legambiente, Rapporto sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, 2013

La principale fonte dell'elevato consumo energetico degli edifici scolastici è costituita dal riscaldamento invernale. Lo studio condotto dal Gruppo di Ricerca TEBE del Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino rileva che il consumo di energia primaria relativa alla

[15] Clemente C., Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio.
Strumenti e strategie per la riqualificazione integrata e la valorizzazione del patrimonio scolastico nell'area metropolitana romana. (documento disponibile alla pagina
http://research.arc.uniroma1.it/xmlui/bitstream/handle/123456789/443/Sostenibilit%E0_riqualificazione.pdf?sequence=1)
[16] Cfr. Ecosistema Scuola, (a cura di) Legambiente, 2013.

[17] Sempre secondo il XIV Rapporto di Legambiente,

climatizzazione invernale di un edificio scolastico del Nord Italia è compreso tra i 120 ed i 200 KWh/mq anno (corrispondenti ad un intervallo compreso tra i 40 ed i 60 Kwh/mc anno), mentre il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione è compreso tra 56 e 83 KWh/mq anno.

Ai consumi energetici corrispondono notevoli emissioni di CO2 che, per il fabbisogno termico, corrispondono ad un *range* compreso tra i 27 ed i 46 Kg/mq all'anno nel caso di impiego di gas naturale (metano), ed in un *range* tra 41 e 68 Kg/mq all'anno, nel caso di impiego di gasolio. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, le emissioni di CO2 ammontano ad una quota compresa tra i 9 ed i 14 kg/mq all'anno fino ad un massimo di 82 kg/mq all'anno.

La causa degli elevati consumi energetici per il riscaldamento negli edifici scolastici, e dunque l'elevata emissione di CO2 nell'atmosfera, deve essere ricercata in primo luogo nella mancanza di una gestione adeguata degli impianti, a causa di un utilizzo spesso parziale della strutture scolastiche, in termini di orario e, a volte, di volumi. La curva di carico tradizionale prevede il picco massimo di potenza al mattino, dopodiché, con l'arrivo degli alunni e del loro apporto termico i carichi si attenuano notevolmente. Concluse le ore di lezione l'edificio normalmente viene chiuso ed il riscaldamento spento. Se alcuni locali vengono utilizzati anche nel pomeriggio, il riscaldamento può funzionare parzialmente anche per quasi tutto il resto della giornata. Dal momento che nelle scuole il carico massimo di potenza si raggiunge solo per poche ore al giorno, è fondamentale la potenza di spunto di inizio giornata, allorché l'edificio rimasto freddo per tutta la notte deve raggiungere il regime in poche ore. Per questo motivo spesso si verifica che le centrali termiche degli edifici scolastici siano sovradimensionate, determinando un notevole spreco di energia[18].

Tuttavia è necessario rilevare che si sta affermando sempre più la volontà di affrontare la gestione energetica dell'edificio secondo politiche innovative. Soprattutto nelle regioni del Nord, una buona percentuale di edifici utilizzano attualmente fonti di illuminazione a basso consumo e fonti energetiche rinnovabili. In alcuni casi gli stessi edifici dispongono anche di una efficiente gestione energetica quali valvole termostatiche, strumenti per la regolazione climatica, cellule fotoelettriche ecc. Parallelamente si sta sviluppando sempre più l'utilizzo di materiali sostenibili per la costruzione e ristrutturazione delle scuole e l'adozione di tecniche di bioarchitettura per i nuovi edifici[19].

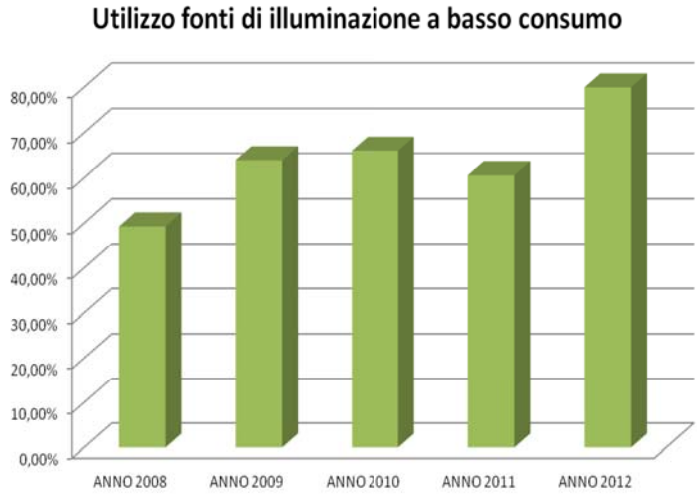
Il parco degli edifici scolastici esistenti presenta grosse lacune dal punto di vista dell'isolamento termico dell'involucro disperdente. Nello specifico, secondo i dati elaborati dall'Enea[20], i valori dell'Indice di Prestazione energetica dell'involucro (Epi) sono mediamente stimabili intorno ai 25

[18] Isolani P., L'uso razionale dell'Energia negli Edifici Pubblici, documento disponibile sul sito http:// www.sp.camcom.it/dinamo/uso-razionale-energia-edifici-pubblici.pdf, (rilevato 13/08/2012).

[19] Cfr. La Gioia V., Il retrofit tecnologico degli edifici scolastici, Tesi di dottorato in Tecnologie dell'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, a.a 2008/2009.

[20] I dati sulle dispersioni termiche sono forniti dalla ricerca condotta dall'Enea nell'ambito del progetto "Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione. Interazione condizionamento e illuminazione". E' stato dunque valutato un campione rappresentativo di edifici scolastici, scelti in base anche alla collocazione geografica delle scuole. "Dallo screening energetico è emerso che le scuole disperdono annualmente tra i 250 kWh/m2 e i 350 kWh/m2 (media 290 kWh/m2), equivalenti ad un consumo annuo di energia di circa 40 €/m2. Ciò significa che in Veneto il 95% degli edifici scolastici se fosse certificato risulterebbe in classe energetica G, la peggiore, e il restante 5% arriverebbe non oltre la classe F. Tali indici sono comprensivi anche del fabbisogno di acqua calda sanitaria che è calcolato sulla base delle persone che frequentano la scuola".

kWh/m^3 anno, con incidenza notevole degli infissi esterni sulla riduzione dei livelli prestazionali (circa 33%) ed incidenza delle coperture del 26,4%.



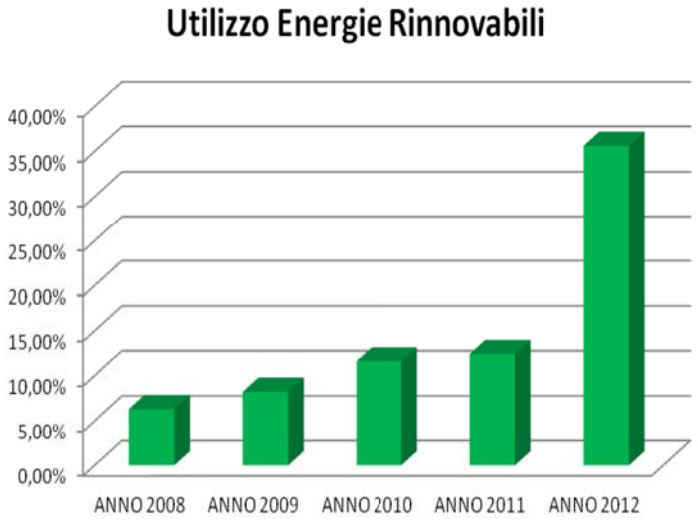


Fig. I.2.8, Fig I.2.9 Utilizzo fonti di illuminazione a basso consumo e utilizzo di energie rinnovabili negli edifici scolastici (Fonte: XIV Rapporto Ecosistema Scuola (a cura di) Legambiente, Rapporto sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, 2013)

I.2.5 Considerazioni conclusive

In Italia, lo stato in cui versa il patrimonio edilizio scolastico esistente rappresenta una realtà denunciata da diverso tempo, alla quale sono state date risposte frammentarie e, in alcuni casi, poco efficaci. Nonostante gli incentivi statali, le norme e le politiche comunitarie volte a promuovere la riqualificazione e la rivitalizzazione, gli edifici scolastici presentano problematiche costanti, quali la necessità di adeguamento alle normative (antincendio, barriere

architettoniche, sismica, energetica) gli elevati consumi energetici, il rischio per l'incolumità e la salute degli studenti, la mancanza di comfort degli ambienti. La questione relativa alla sicurezza strutturale rappresenta la prima problematica cui dare una risposta certa.

E' necessario intervenire sul patrimonio esistente con nuove modalità avendo una visione complessiva del problema e considerando allo stesso tempo molteplici fattori quali: la sicurezza sismica e idrogeologica degli edifici, la relativa sostenibilità ambientale, con particolare attenzione ai consumi energetici, l'opportunità di razionalizzare l'infrastruttura scolastica nel suo insieme con l'obbligo di assicurare la piena rispondenza funzionale delle strutture alle nuove esigenze didattiche e ad una nuova concezione degli spazi per l'apprendimento[21]. L'intervento di riqualificazione degli edifici scolastici rappresenta un'operazione necessaria "non solo per la conservazione del bene costruito, ma anche per il raggiungimento dell'efficacia e dell'efficienza dei processi formativi"(La Gioia V., 2009).

Alla luce dei dati numerici illustrati in questo capitolo, rappresentativi dello stato in cui versa il patrimonio edilizio scolastico esistente, risulta necessario ed urgente intervenire per mettere in sicurezza gli edifici scolastici esistenti e ridurne gli eccessivi e oramai ingestibili consumi. I dati relativi ai consumi energetici, anche se hanno conseguenze "meno gravi" su coloro che frequentano la scuola, non devono essere sottovalutati data la consistenza del patrimonio scolastico, e quindi l'incidenza che si può trarre dal contenimento dei consumi in questo settore. Se infatti gli Enti locali adottassero opportune politiche di efficientamento energetico, si potrebbero ottenere notevoli risultati in termini di risparmio energetico negli edifici e nell'illuminazione pubblica fornendo esempi virtuosi per i cittadini. In questo gli Enti Locali giocano un ruolo fondamentale per l'abbattimento dei consumi energetici.
Per quanto riguarda gli investimenti economici per gli interventi di sola messa in sicurezza degli edifici scolastici esistenti, come già anticipato nel capitolo, sarebbero necessari (secondo le stime della Protezione Civile) circa 13 miliardi di euro. Se a tale fabbisogno si aggiunge quello relativo agli investimenti necessari per la riqualificazione energetica e gli adeguamenti funzionali degli edifici il costo ovviamente moltiplica. Per l'adeguamento energetico delle scuole infatti, è stato valutato un impegno economico di circa 8 Miliardi di euro[22]. Per questa ragione bisognerebbe adottare un approccio "sinergico" negli interventi di riqualificazione, cercando di "accorpare" una o più problematiche in un unico processo di riqualificazione. In quest'ottica, la disciplina relativa al contenimento dei consumi energetici e della sicurezza sismica presentano dei margini di integrazione che sarebbe opportuno cogliere. La questione della sicurezza degli edifici scolastici è un obiettivo primario anche di Enti sovranazionali come l'OCDE che nel 2005 ha emanato raccomandazioni ai paesi aderenti[23], in cui vengono stabiliti principi ed elementi per possibili programmi di azioni risolutive.

L'interesse internazionale alla questione scolastica "fa si che questo settore possa ritornare ad essere uno degli ambiti prioritari di investimento infrastrutturale e di promozione di un processo finalizzato anche alla riqualificazione "strutturale", "sociale", ed "educativa" del Paese"(Clemente C., 2011).

[21] Cfr. Ance (a cura di), Audizione dell'Ance sulla situazione dell'edilizia scolastica in Italia. Indagine conoscitiva della VII (Cultura, Scienza e Istruzione) Camera dei Deputati. 2013. Documento disponibile all'indirizzo http://www.ance.it/docs/docDownload.aspx?id=14904 .

[22] Citterio M., Fasano G., Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale escuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica , Report RDE, 2009/165.

[23] OECD Recommendation Concerning Guidelines on Earthquake Safety in Schools.

Di seguito una rassegna di episodi di crolli e cedimenti negli edifici scolastici.[24]

Mestre (VE), 8 Settembre 2011 – Cede un soffitto del liceo, rimandato l'inizio delle lezioni (Ansa)
"L'edificio aveva già subito alcuni crolli all'inizio di agosto ed erano in corso i lavori di ripristino, ma il soffitto del pianoterra ha ceduto con crolli di pannelli e mattoni, costringendo il rinvio dell'inizio dell'anno scolastico ed il trasferimento temporaneo degli studenti. I responsabili della manutenzione della Provincia sono intenzionati ad estendere le verifiche a tutto l'edificio che ha 40 anni."

Pisa, 12 Settembre 2011 – Crollano gli intonaci nelle scuole. I genitori protestano (www.firenze.repubblica.it)
"I Vigili del Fuoco hanno effettuato un sopralluogo nelle classi delle scuole elementari Novelli e le aule sono state dichiarate inagibili a causa dei crolli di intonaco. I genitori in protesta, accusano il Comune di non essere intervenuto prima come promesso. Infatti, erano previsti degli interventi di ripristino durante il periodo estivo ma non sono mai stati realizzati. I genitori sono particolarmente preoccupati perché con le piogge i crolli potrebbero ricominciare. E' intervenuto l'Assessore ai Lavori Pubblici dichiarando che presto inizieranno i lavori di ripristino degli spazi inagibili."

Roma, 21 Ottobre 2011 – Il maltempo causa crolli nelle scuole della capitale (www.iltempo.it)
"Per molti studenti della Capitale ieri le porte delle scuole sono rimaste chiuse. In diversi istituti, a causa del maltempo si sono verificati allagamenti, crolli di soffitti e muri sgretolati. Gli studenti del Liceo Orazio mentre facevano lezione si sono ritrovatibagnati dalla pioggia che penetrava dal soffitto. Danni anche al Liceo Classico Socratedella Garbatella, dove si è staccato un pezzo di intonaco che ha colpito un ragazzo, per fortuna senza conseguenze. Completamente allagate le classi del Liceo Classico Albertelli. Sono rimaste chiuse anche le scuole elementari Leopardi e Mozart. Il maltempo ha costretto i genitori a riportare i figli a casa per via delle classi inagibili."

Casoria, 5 Novembre 2011 – Panico in aula, cadono calcinacci (Il Giornale di Napoli)
"Cadono calcinacci nell'istituto delle Suore Figlie della Carità di Casoria. Nella scuola erano già in corso dei lavori, ma, visto l'accaduto, il Sindaco ha deciso di chiudere l'istituto per almeno 10 giorni per le opportune verifiche."

Venafro, 7 Novembre 2011 – Crolla il soffitto in una scuola da poco ristrutturata con fondi del sisma
"Nella Scuola Media Leopoldo Pilla è crollato un monoblocco di 60 metri dal soffitto. Poteva trattarsi di un'altra tragedia nel Molise. Per fortuna il crollo si è verificato nelle prime ore della mattinata e la scuola era chiusa. L'Istituto era stato riaperto da soli 50 giorni, dopo una ristrutturazione costata 400 mila euro. Due le imprese che si sono avvicendate, perché diversi sono stati i problemi riscontrati nel corso dei lavori".

Rivoli, 19 Gennaio 2012 – Ancora paura al Liceo Darwin di Rivoli (www.orizzontescuola.it).
"Si è verificato un altro crollo nel Liceo Darwin di Rivoli, dove è morto Vito Scafidi. L'episodio ha destato sconcerto e preoccupazione. Diversi gli interventi delle forze politiche e non solo. Anche Cittadinanzattiva che da anni si occupa di sicurezza, ha commentato l'accaduto come un episodio "sconcertante", soprattutto perché, a distanza di tre anni dalla tragedia e nonostante lo stanziamento di tre milioni di euro per la messa in sicurezza della scuola ancora non si è fatto niente".

[24] Cittadinanzattiva (a cura di), X Rapporto 2012 "Sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici", campagna imparare sicuri 2012

Cesena, 1 Febbraio 2012 – Le nevicate intense provocano crolli in una scuola
"Una nevicata record, che si è abbattuta sull'Emilia Romagna, ha creato seri problemi alla viabilità ma, soprattutto, ha causato il crollo di un tunnel, che collegava la scuola materna ed elementare di San Vittore. Per fortuna nessun danno alle persone. Le scuole erano chiuse in tutta la città".

Torino, 7 Febbraio 2012 – Lezioni spostate in un altro edificio perché la scuola è a rischio crollo
"I bambini della scuola materna Calvino sono stati trasferiti in un altro edificio per motivi di sicurezza. Secondo i tecnici del Comune il problema sarebbe stato causato dal freddo che avrebbe fatto gelare l'acqua nei tubi. Problema simile anche nella scuola materna Il Piccolo Principe di La Loggia, dove gli alunni sono stati spostati in un'altra ala dell'Istituto".

Vergato (BO), 16 Febbraio 2012 – "Tragedia evitata in una scuola di Vergato mentre la scuola Chiostri viene chiusa Crollati due pannelli di cartongesso dal controsoffitto di un'aula, nella scuola elementare XXI Aprile di Vergato, in provincia di Bologna. La tragedia è stata evitata, visto che il crollo si è verificato nella pausa pranzo e in classe non c'era nessun bambino. I tecnici hanno stabilito che al momento non ci sono pericoli per la staticità ma cinque classi sono state dichiarate inagibili fino alla prossima settimana. Il Comune di Bologna, inoltre, ha deciso la chiusura precauzionale della scuola primaria statale "Chiostri", che, dopo un sopralluogo i tecnici hanno dichiarato inagibile. Cittadinanzattiva X Rapporto Sicurezza a scuola 2012".

Settimo Torinese, 29 Febbraio 2012 – L'asilo nido dichiarato inagibile per via di materiali scadenti (www.torinotoday.it)
"Nell'asilo nido di via Moglia a Settimo Torinese si è verificato lo scorso 12 Dicembre il crollo di una parte di controsoffitto nella zona del dormitorio. Fortunatamente l'aula in quel momento era vuota. La struttura doveva essere riaperta a gennaio, ma i tecnici del Comune hanno dichiarato che le controsoffitature presenti sono state realizzate con materiali scadenti e rischiano di crollare. Le parti interessate saranno demolite e ricostruite. La Procura sta aspettando la conclusione della consulenza dei tecnici per formulare l' ipotesi di reato".

Foggia, 29 Febbraio 2012 – "Continuano i crolli al Liceo Poerio (www. statoquotidiano.it)
Nonostante i controlli effettuati sui soffitti del Liceo Poerio dai tecnici della Provincia che hanno accertato che non vi sia pericolo per le persone, ci sono stati altri crolli di intonaco dai soffitti del primo piano, teoricamente immune da infiltrazioni".

Urbino, 2 Marzo 2012 – "Emergenza scuole: serve un milione di euro Situazione di emergenza delle scuole del Montefeltro, in particolare a Urbino e Cagli, a causa delle forti nevicate: tetti crollati, infiltrazioni, danni ad infissi e mobili. I costi per rimetterle in sesto sono elevati: sarebbe necessario un milione di euro, ma il Comune e la Provincia non hanno a disposizione questa cifra. La situazione è resa anche più critica dall'impossibilità di utilizzo dei fondi ad oggi ancora bloccati, per il patto di stabilità".

Rimini, 25 Marzo 2012 – Tragedia sfiorata: crolla il soffitto della scuola Borghese
In un'aula della scuola media Borghese verso le 11 di mattina si è staccato un pezzo di intonaco, ed è caduto un pezzo di lamiera su un banco, dove, qualche minuto prima, era seduta un'alunna. Per fortuna i ragazzi erano fuori dall'aula per l'intervallo. La Dirigente ha subito interpellato i tecnici che si occupano della manutenzione. C'era stata una lesione mai segnalata neanche durante i lavori di ristrutturazione avvenuti la scorsa estate. I problemi dell'istituto sono diversi e il comitato dei genitori esprime rabbia per l'accaduto e chiede lo spostamento della scuola presso un'altra struttura.

S. Angelo a Sasso (BN), 27 Marzo 2012 – Crolla un muro nella scuola elementare: subito un sopralluogo
Nei giorni scorsi un muro perimetrale di un'aula della scuola elementare di S. Angelo Sasso ha ceduto. E' seguito un sopralluogo dei tecnici del Comune che hanno confermato che gli interventi di ristrutturazione saranno immediati.

Bibliografia

Ance (a cura di), *Audizione dell'Ance sulla situazione dell'edilizia scolastica in Italia. Indagine conoscitiva della VII (Cultura, Scienza e Istruzione) Camera dei Deputati*. 2013. Documento disponibile all'indirizzo http://www.ance.it/docs/docDownload.aspx?id=14904

Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente, *Definizione di un modello di diagnosi energetica per gli edifici*. 2013

Clemente C., *Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio*. 2013. documento disponibile all'indirizzo internet http://research.arc.uniroma1.it/xmlui/bitstream/handle/123456789/443/Sostenibilit%E0_riqualificazione.pdf?sequence=1

Citterio M., Fasano G., *Indagini sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica*. 2009

Cittadinanzattiva (a cura di), *Sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici*. 2012 Documento disponibile all'indirizzo https://docs.google.com/file/d/0B8ksqiUN476iT254X1BEVGptVkE/edit?pli=1

Dolce M., Attività della Protezione Civile per la sicurezza sismica delle scuole, documento disponibile sul sito www.assisi ntiseismicsystems.org/Territorial/GLIS/Glisnews /GN12/GN12_4_Dolce.pdf (rilevato 17/05/2013)

Legambiente (a cura di), *Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi.* 2013

La Gioia V., *Il retrofit tecnologico degli edifici scolastici*, Tesi di dottorato in Tecnologie dell'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, a.a 2008/2009.

Romagnoni P., Antonini E., Boscolo M., Cappelletti F., *Riqualificazione di edifici scolastici: risultati di una campagna di monitoraggio energetico*. Report Ricerca di Sistema Elettrico . Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA, 2010

Sitografia

Aesse- Abitare la scuola, www.bdp.it/aesse-

Enea- Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, www.enea.it.

Legambiente, www.legambientescuolaformazione.it

Dipartimento Protezione Civile, www.protezionecivile.gov.it

Associazione Nazionale Costruttori Edili, www.ance.it

Archivio dell'area istruzione, http://archivio.pubblica.istruzione.it/

Università di Bologna, CIRI Edilizia e Costruzioni http://www.edilizia-costruzioni.unibo.it/
Wired.It Verifiche sismiche nelle scuole
http://daily.wired.it/news/politica/2012/10/12/verifiche-sismiche-costi-regioni-121234.html

Teenergy Schools, High energy effiency schools in the Mediterranean Area
http://teenergy.commpla.com/

Cittadinanzattiva, Impararesicuri ,
https://docs.google.com/file/d/0B8ksqiUN476iT254X1BEVGptVkE/edit?pli=1

Prof. Dr. Ing. Raffaele Landolfo http://www.raffaelelandolfo.it/

http://www.oecd.org/edu/innovation-education/33629104.pdf

Capitolo I.2
Analisi del patrimonio edilizio scolastico esistente: problematiche relative ai consumi energetici e alla vulnerabilità sismica

Obiettivo di questa parte della ricerca è la restituzione del quadro generale, rappresentativo dello stato dell'edilizia scolastica esistente sul territorio nazionale, con specifico riferimento alle problematiche sismiche ed energetiche.
Vengono quindi analizzati i principali dati rappresentativi relativi alle carenze strutturali ed inefficienze energetiche presenti negli edifici scolastici.
Le fonti citate si riferiscono ai dati pubblicati dall'Anagrafe Scolastica, ai rapporti annuali elaborati da Legambiente e Cittadinanzattiva sulla qualità dell'edilizia scolastica, unitamente ad una serie di studi, report e indagini condotti in ambito nazionale.

I.2.1 Edifici Scolastici e contesto

Come'è stato analizzato nel precedente capitolo, il territorio italiano è caratterizzato da un'elevata sismicità, che fa del rischio sismico il più rilevante tra quelli di origine naturale, e da un clima cosiddetto "mediterraneo" che comprende estati molto calde ed afose ed inverni che, a seconda dell'altitudine e della collocazione geografica specifica, possono risultare anche molto rigidi e lunghi.

In molte regioni, le zone ad elevato rischio sismico sono anche le zone caratterizzate da un numero maggiore di Gradi Giorno[1] rispetto alla media regionale. Dalla sovrapposizione della mappa climatica con la mappa sismica, si nota una certa corrispondenza tra le zone ad elevata sismicità e le zone con più alte temperature. Nel grafico in figura I.2.1 viene mostrata questa corrispondenza analizzando nello specifico alcune regioni dell'Italia centro-meridionale.

Dalla comparazione emergono delle considerazioni interessanti: la Regione Puglia ad esempio, pur collocandosi quasi completamente in fascia climatica C[2], presenta una zona ben definita che corrisponde alla Provincia di Foggia, caratterizzata sia da temperature più basse (in queste zone si possono raggiungere i 2.700 gradi giorno) che da una importante pericolosità sismica. Lo stesso fenomeno è rilevabile in alcune zone della Calabria ed in Toscana.

Si deduce quindi che in alcuni ambiti geomorfologici specifici spesso la problematica sismica negli edifici esistenti coesiste in modo significativo con la problematica relativa ai consumi energetici. In queste zone dunque, la progettazione e riqualificazione degli edifici richiede una particolare attenzione sia dal punto di vista della riduzione dei consumi energetici che della messa in sicurezza strutturale.

Nel processo di riqualificazione energetica e sismica, gli edifici scolastici giocano un ruolo fondamentale, tenuto conto della rilevanza che sotto vari aspetti assume il patrimonio edilizio

[1] Secondo la definizione della norma UNI EN ISO 15927-6:2008, "per gradi giorno di una località s'intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno".
[2] Per la definizione delle fasce climatiche si rimanda al paragrafo I.1.4 "Evoluzione della classificazione climatica".

destinato all'istruzione, per importanza strategica, per il numero di persone coinvolte, per l'importanza legata alla necessità di efficienza funzionale in caso di emergenza, ma anche per la potenzialità di risparmio energetico che si potrebbe ricavare da una gestione razionale, e su larga scala, dei consumi energetici.

Nonostante molte problematiche presenti all'interno degli edifici scolastici siano connaturate con il contesto geomorfologico e climatico, in Italia non esiste una tradizione consolidata sull'approccio alle tematiche energetiche e sulle questioni relative alla difesa dai terremoti, ragione per cui fin'ora le risorse statali destinate alla riqualificazione degli edifici scolastici e alla manutenzione del territorio sono state poche e limitate soprattutto a risolvere le situazioni di emergenza, venendo a mancare una visione strategica generale per la definizione di piani e programmi.

I dati rappresentativi della situazione in cui versa l'attuale patrimonio edilizio scolastico sono quelli pubblicati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca unitamente ad altre recenti indagini di livello nazionale quali:

- il "X Rapporto su sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici" di Cittadinanzattiva;
- il dossier dell'Unione della Province Italiane "Le funzioni, i dati, le competenze, la sicurezza degli edifici scolastici" del 2012;
- il XIII rapporto di Legambiente sulla "Qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi".

I dati ricavati dalle indagini sopra citate mostrano una certa "permanenza dello stato di fatto" degli edifici scolastici esistenti, ovvero quanto poco sia stato fatto negli ultimi anni per arginare le problematiche relative alla vulnerabilità sismica ed agli eccessivi consumi energetici.

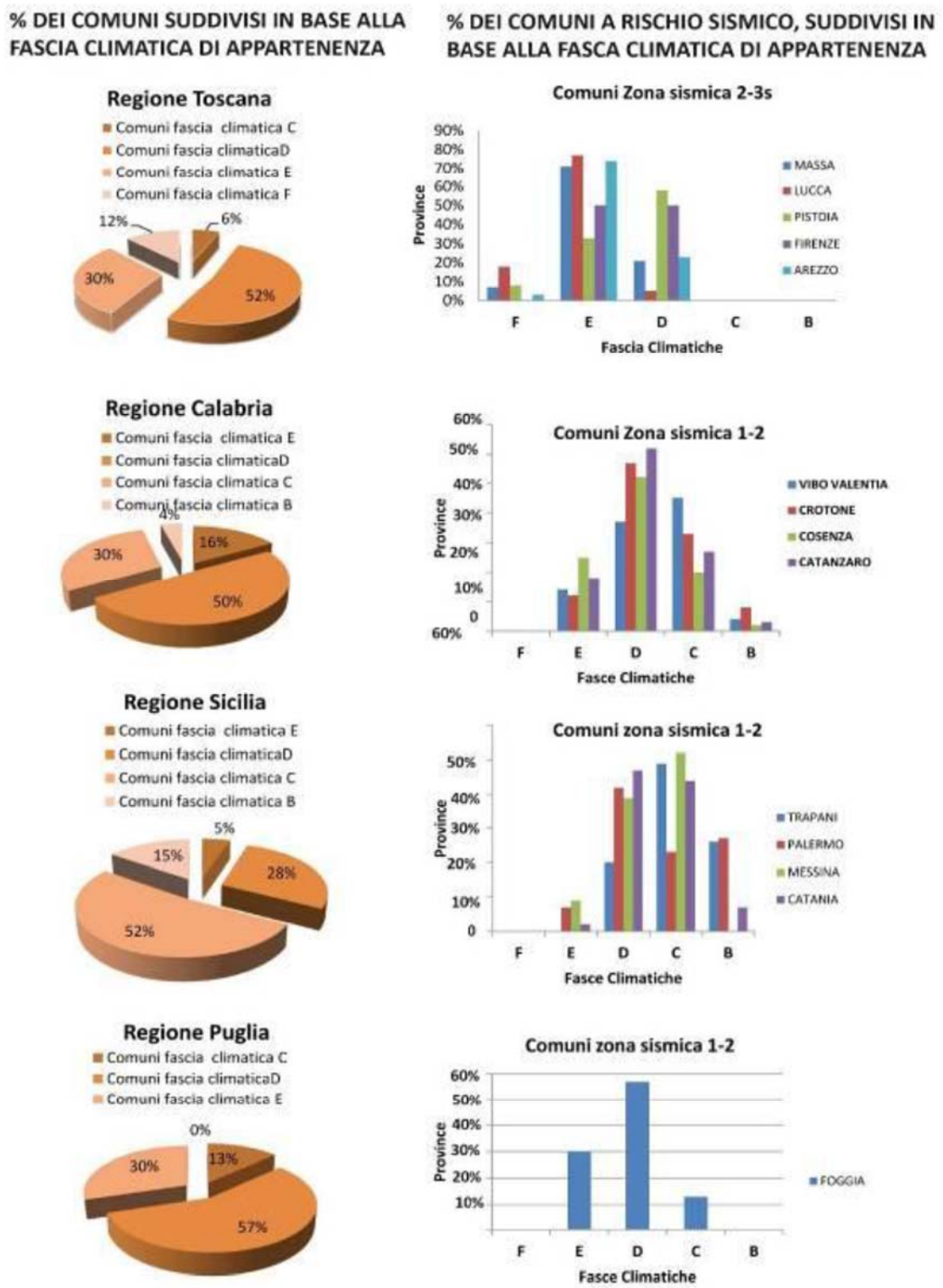


Fig. I.2.1 Comparazione, per ciascuna Regione ritenuta più significativa, tra la "fascia climatica prevalente" e la "fascia climatica specifica" delle Province classificate in zona sismica 1-2 (elaborazione dati Comuni-Italiani.it).

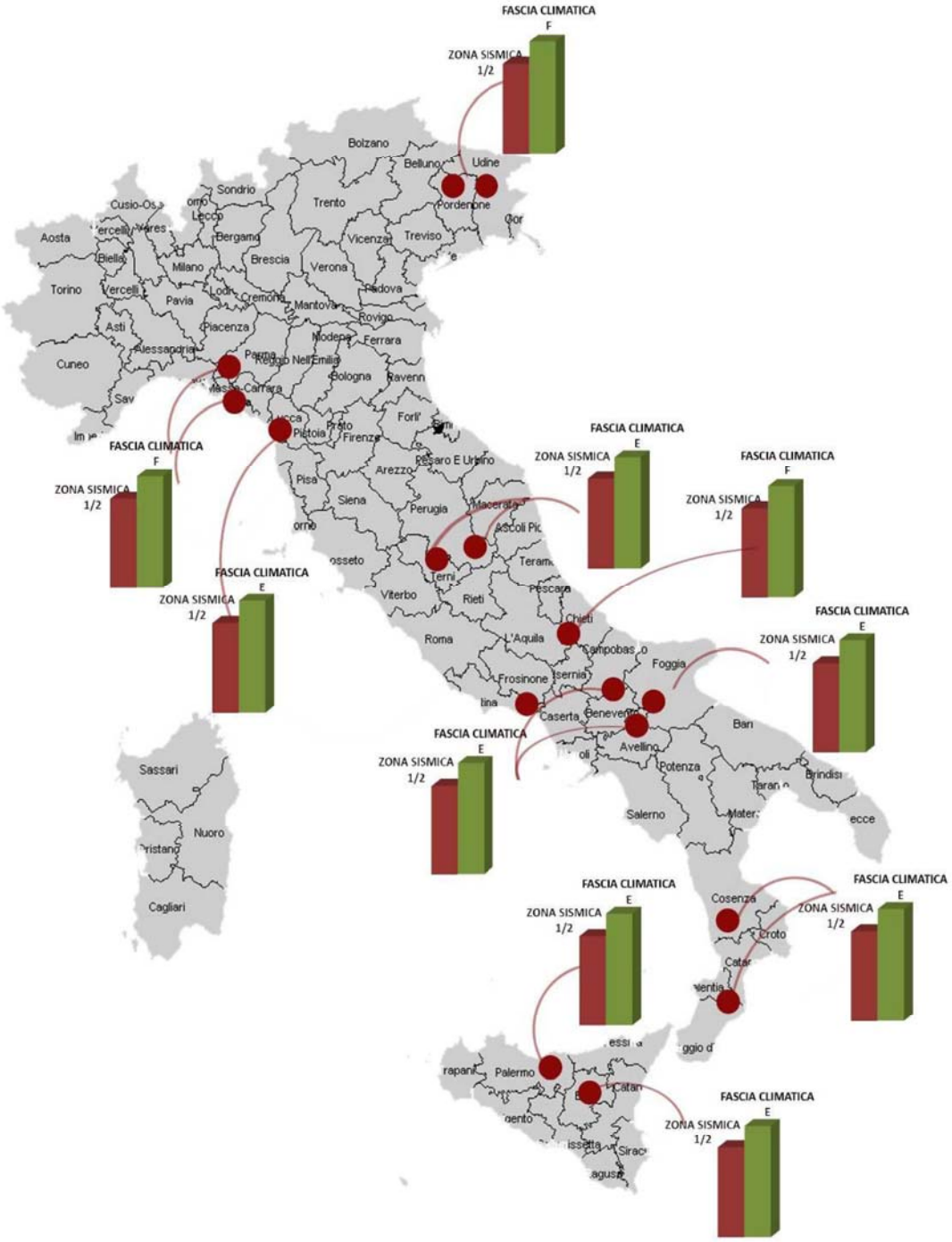


Fig. I.2.2 Individuazione delle zone caratterizzate da elevati valori di sismicità e di Gradi Giorno. (Elaborazione dati Comuni-Italiani.it)

I.2.2 Consistenza del patrimonio edilizio scolastico esistente

Per avere un ordine di grandezza della problematica energetica e sismica connessa agli edifici scolastici, è necessario conoscere prima di tutto la consistenza e la distribuzione delle sedi sul territorio nazionale.

La normativa italiana suddivide il sistema educativo d'istruzione in:
- scuola dell'infanzia (nido e scuola materna): rilevanza comunale;
- scuola di base (elementare e media): rilevanza comunale;
- scuola secondaria (superiore): rilevanza provinciale;
- università: rilevanza regionale

Le istituzioni scolastiche sul territorio nazionale sono distribuite in 41.483 sedi. In questi edifici per l'a.s. 2013/2014 gli alunni previsti sono 7.878.661, per un totale di 366.838 classi. Il 65,7% degli alunni ed il 67,2% delle classi sono concentrati nella scuola primaria e secondaria di II grado.

Regione	scuola dell'infanzia	scuola primaria	scuola seondaria di I grado	scuola seondaria di II grado	Totale sedi scolastiche
Piemonte	1.069	1.294	506	348	3.217
Lombardia	1.310	2.206	1.098	658	5.272
Veneto	595	1.405	584	364	2.948
Friuli	301	364	154	125	944
Liguria	313	428	172	121	1.034
Emilia Romagna	725	956	419	311	2.411
Toscana	907	944	400	332	2.583
Umbria	314	290	106	93	803
Marche	489	443	222	158	1.312
Lazio	1.055	1.139	573	460	3.227
Abruzzo	491	434	217	143	1.285
Molise	123	138	83	48	392
Campania	1.595	1.541	745	640	4.521
Puglia	994	738	418	456	2.606
Basilicata	226	201	144	104	675
Calabria	900	869	446	296	2.511
Sicilia	1.573	1.429	652	549	4.203
Sardegna	505	513	324	197	1.539
Italia	13.485	15.332	7.263	5.403	41.483

Tab. I.2.1 Sedi scolastiche per regione e livello scolastico_A.S. 2013/2014 (Fonte: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Direzione Generale per gli Studi, la Statistica e per i Sistemi Informativi – Servizio Statistico)

Nello specifico le sedi scolastiche sono suddivise in:

- Scuola dell'infanzia (32,5%)

> "La scuola dell'infanzia, di durata triennale, concorre all'educazione e allo sviluppo affettivo, psicomotorio, cognitivo, morale, religioso e sociale delle bambine e dei bambini." [3]

[3] Legge 28 marzo 2003, n. 53

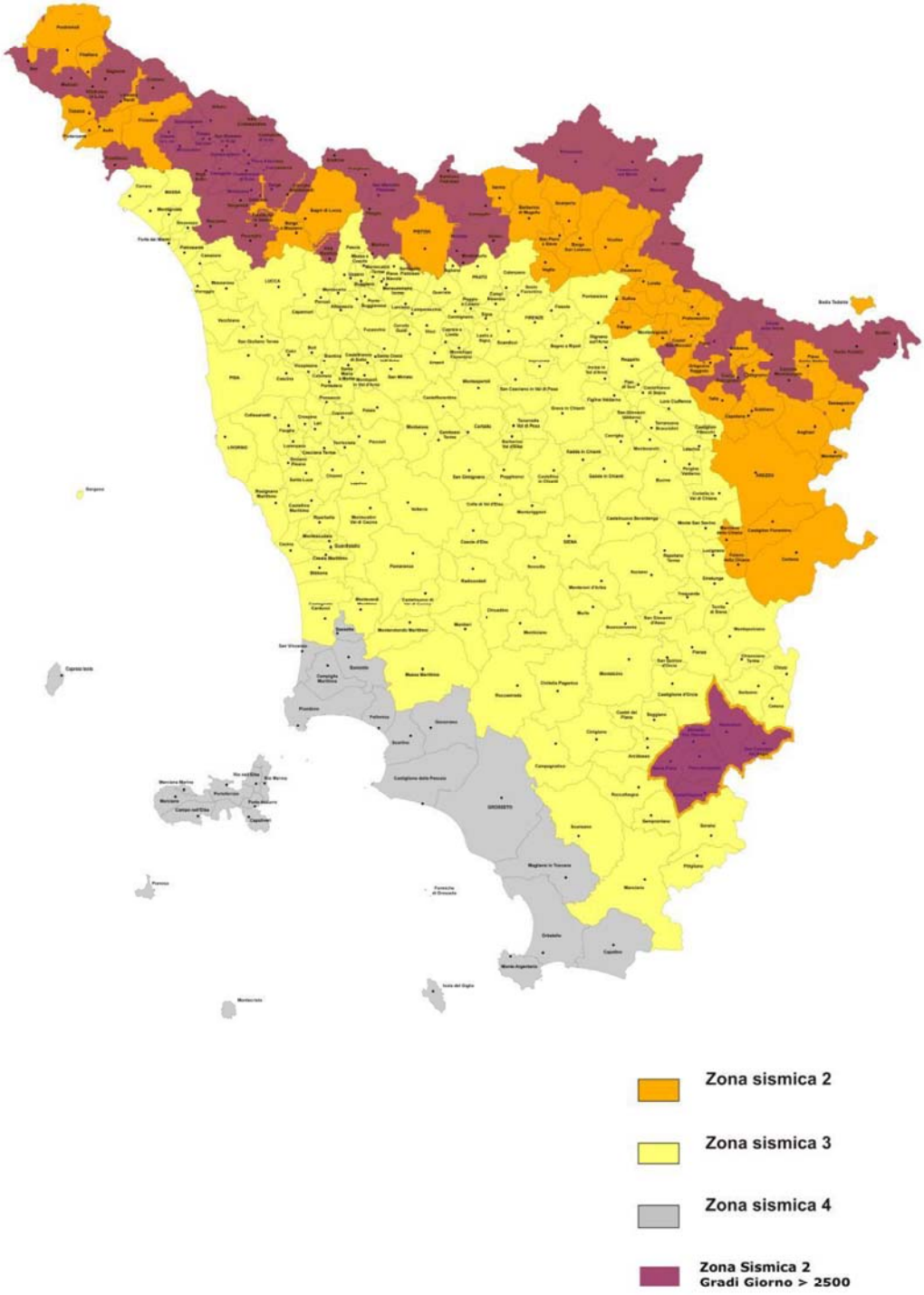


Fig. I.2.3 Regione Toscana- sovrapposizione zona sismica/fascia climatica. Le zone sismiche nella Regione Toscana sono anche quelle caratterizzate da un maggiore numero di gradi Giorno (rielaborazione dati Comuni-Italiani.it e dati Sito della Regione Toscana www.retetoscana.it).

Le sezioni della scuola dell'infanzia sono costituite con un numero minimo di 18 e un massimo di 26 alunni, salvo i casi di presenza di alunni disabili. Eventuali iscritti in eccedenza dovranno essere ridistribuiti tra le diverse sezioni della stessa scuola, senza superare il numero di 29 alunni per sezione.

- Scuola primaria (37%)

"La scuola primaria è articolata in un primo anno, teso al raggiungimento delle strumentalità di base, e in due periodi didattici biennali. Insieme alla scuola secondaria di I grado, costituisce il primo ciclo di istruzione."[4]

Le sezioni della scuola primaria sono costituite con un numero minimo di 15 e un massimo di 26 alunni, salvi i casi di presenza di alunni disabili. Eventuali iscritti in eccedenza dovranno essere ridistribuiti tra le diverse sezioni della stessa scuola, senza superare il numero di 27 alunni per sezione. Nelle scuole nelle quali si svolge il tempo pieno, il numero complessivo delle classi e determinato sulla base del totale degli alunni iscritti. Nei comuni di montagna, nelle piccole isole e nelle aree geografiche abitate da minoranze linguistiche possono essere costituite classi con un numero minimo di 10 alunni.

- Scuola secondaria di I grado (17,5%)

"La scuola secondaria di I grado si articola in un biennio e in un terzo anno che completa prioritariamente il percorso disciplinare."[5]

Le sezioni della scuola secondaria di I grado sono costituite con un numero minimo di 18 e un massimo di 27 alunni. Eventuali iscritti in eccedenza devono essere ridistribuiti tra le diverse sezioni della stessa scuola, senza superare il numero di 28 alunni per classe. Si procede alla formazione di un'unica classe quando il numero degli iscritti non supera le 30 unita. Nei comuni di montagna, nelle piccole isole e nelle aree geografiche abitate da minoranze linguistiche possono essere costituite classi anche con alunni iscritti ad anni di corso diversi, con un numero massimo di 18 alunni.

- Scuola secondaria di II grado (13%)

"La scuola secondaria di II grado è costituita dal sistema dei licei, che comprende artistico, classico, economico, linguistico, musicale e coreutico, scientifico, delle scienze umane." [6]

Le sezioni della scuola secondaria superiore sono costituite con un numero minimo 27 alunni. Eventuali iscritti in eccedenza essere ridistribuiti nelle classi dello stesso istituto, sede coordinata e sezione staccata, senza superare il numero di 30 alunni per classe. Le classi del primo anno di corso delle sedi coordinate e delle sezioni staccate e aggregate, le sezioni di diverso indirizzo o specializzazione funzionanti con un solo corso devono essere costituite con un numero minimo di 25 alunni.

[4] Legge 28 marzo 2003, n. 53.
[5] Legge 28 marzo 2003, n. 53 – art. 2, comma F.
[6] Legge 28 marzo 2003, n. 53 – art. 2, comma G; D. Lgs. 17 ottobre 2005, n. 226.

Scuole speciali

- Scuole di ogni ordine e grado istituite per speciali compiti di istruzione ed educazione di minori in situazione di disabilità e di minori in stato di difficoltà. Sono presenti sul territorio nazionale scuole speciali per non vedenti e per sordomuti.[7]

I.2.3 Le principali vulnerabilità e carenze sismiche

Dei 41.483 edifici scolastici diffusi sul territorio nazionale[8], circa 24.073 strutture risultano esposte a rischio sismico. La mappa della distribuzione al rischio degli edifici scolastici risulta così composta:

- Edifici scolastici esposti al rischio nelle regioni del Sud: 10.835 (45% del totale a rischio);
- Edifici scolastici esposti al rischio nelle regioni del Centro: 5.185 edifici (22% del totale a rischio);
- Edifici scolastici esposti al rischio nelle regioni del Nord: 2.985 (12% del totale a rischio).

Le Regioni più colpite sono la Sicilia (4.894 edifici scolastici), la Campania (4.872 edifici scolastici) e la Calabria (3.200 edifici scolastici). Infine si stima che nella Regione Lazio le strutture potenzialmente ad elevato rischio siano 1.835, nelle Marche 1.767 e in Emilia Romagna 1.367.

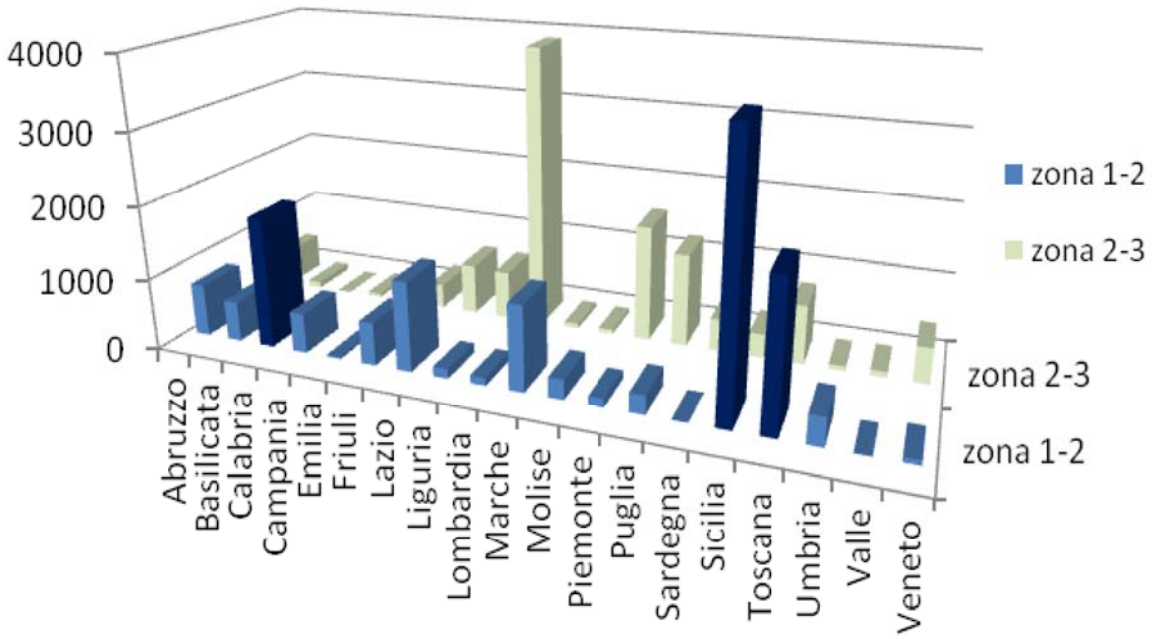


Fig. I.2.4 Rapporto situazione edilizia scolastica in zona sismica, Settembre 2012. (Fonte: dati Miur).

[7] D.lgs. 16 aprile 1994, n. 297 – articoli 322, 323 e 324.

[8] Secondo il Rapporto Ance-Cresme "Lo stato del territorio italiano – Rischio sismico e edifici industriali", il 44% della superficie nazionale italiana è classificata ad elevato rischio sismico, comprendendo una superficie di circa 131.000 Km^2, ovvero il 36% dei comuni.

Le principali problematiche rilevate dopo un evento sismico hanno riguardato il collasso delle strutture portanti e dei nodi strutturali, il crollo dei solai e delle coperture, il ribaltamento dei maschi murari e delle tamponature. Tuttavia il dato più preoccupante, e che non può essere trascurato, è quello relativo alle cadute ed ai cedimenti degli elementi non strutturali, come i controsoffitti, i tamponamenti, i tramezzi, ma anche insegne e arredamenti, che in numerosi casi sono state la causa di numerose vittime[9].

Tali cedimenti non sempre sono legati all'evento sismico, ma spesso sono la diretta conseguenza di una mancata manutenzione ordinaria e straordinaria[10]. I dati forniti dal X Rapporto di Cittadinanza attiva sulla "Sicurezza a scuola 2012", confermano che i pericoli più frequenti riscontrati all'interno degli edifici scolastici riguardano i distacchi di intonaco e dei controsoffitti. Nello specifico i danni non strutturali interessano:

- per il 24% corridoi ed ingressi;
- per il 18% aule e laboratori scientifici;
- per il 17%, palestre e segreterie;
- per il 15%, mense e sale professori;
- per il 13%, bagni;
- per il 13%, aule computer e biblioteche.

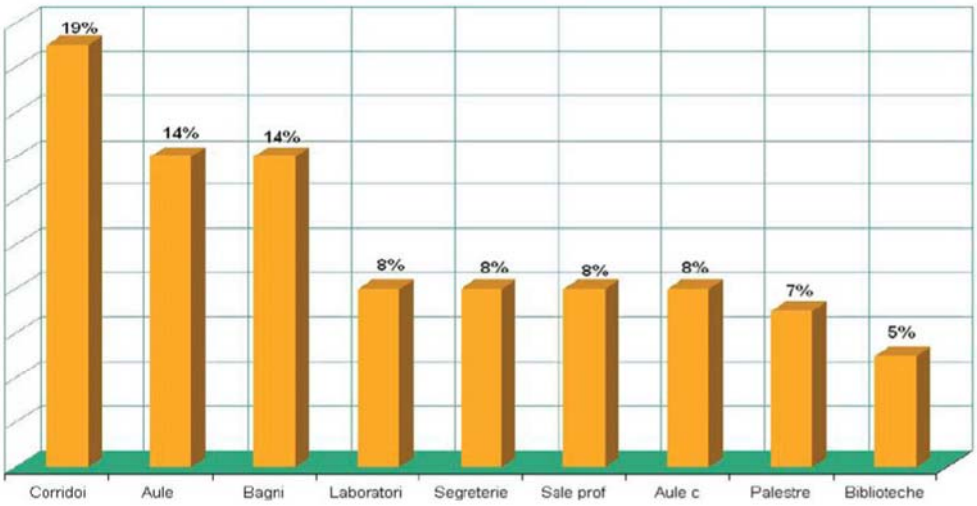


Fig. I.1.5: Distacchi di intonaco (Fonte: X Rapporto Cittadinanzattiva, Sicurezza a scuola, 2012).

[9] Si ricorda il crollo di un controsoffitto avvenuto il 22 Novembre 2008 nel Liceo Scientifico Darwin di Rivoli, che ha causato la morte di uno studente.

[10] Secondo il X rapporto di Cittadinanzattiva del 2012, circa il 90% degli edifici scolastici necessita di interventi di manutenzione ordinaria, mentre il restante 31% necessita di manutenzione straordinaria.

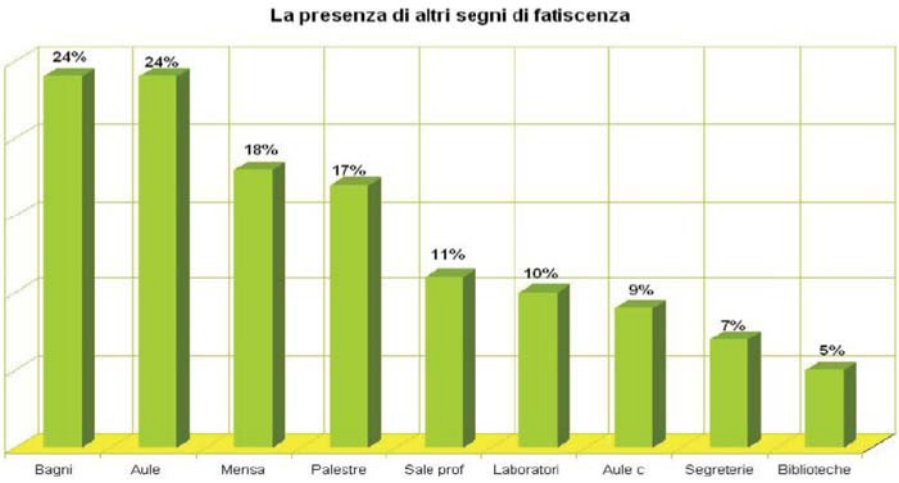


Fig I.2.6: Presenza di segnali di fatiscenza (Fonte: X Rapporto Cittadinanzattiva, Sicurezza a scuola, 2012).

I recenti terremoti hanno messo in evidenza l'incidenza della vulnerabilità degli elementi non strutturali per la sicurezza degli studenti, e il costo economico da sostenere per il ripristino. Durante un terremoto, infatti, anche il danneggiamento degli elementi non strutturali può costituire una grave minaccia per l'incolumità degli alunni, oltre a determinare l'ostruzione delle vie di fuga[11].

Di fronte a tale consistenza di edifici vulnerabili e alle problematiche connesse, non è stata contrapposta fin'ora un'efficace politica di gestione e manutenzione, in grado almeno di prevenire eventuali rischi in caso di evento sismico. La gestione "ordinaria" e "straordinaria" dell'edilizia scolastica esistente, dovrebbe inoltre essere supportata da una documentazione completa, che sia in grado da un lato di definire le principali caratteristiche tipologiche e tecnologiche, dall'altra sia garanzia di agibilità e sicurezza delle strutture. Un consistente numero di edifici scolastici invece, risulta non essere in possesso di adeguata certificazione.

Nello specifico, i dati pubblicati nel settembre 2012 dall'Anagrafe dell'edilizia scolastica evidenziano le seguenti carenze:

- 3.745 edifici sono progettati rispettando la normativa antisismica;
- 1.614 edifici sono in possesso del certificato di conformità. Tale certificato viene rilasciato dall'ufficio tecnico competente ed attesta la perfetta rispondenza dell'opera eseguita alle norme per le costruzioni in zona sismica, ai sensi dell'art. 28 della Legge 64/74 e seguenti;
- 1.967 edifici sono in possesso del certificato di relazione geotecnica;
- 2.618 edifici sono in possesso del certificato di relazione geologica attestante le caratteristiche generali e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione;
- 4.479 edifici sono in possesso di documenti attestanti l'avvenuta verifica sismica ai sensi dell'art. 2 Ord. Pres. Cons. n°3274 del 20/3/2003 o l'intenzione di effettuare tale verifica successivamente alla rilevazione.

[11] Cfr. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Linee guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole, 2009.

Lo strumento principale in grado di verificare e valutare il reale stato degli edifici scolastici è rappresentato dalle verifiche sismiche. Tali verifiche sono fondamentali per dare un giudizio definitivo sul grado di vulnerabilità dell'edificio, ovvero di individuare l'intervento di miglioramento/adeguamento sismico necessario.

La valutazione della sicurezza sismica è obbligatoria nel caso di edifici pubblici, quindi nel caso di scuole[12]. Nonostante i fondi messi a disposizione a livello nazionale, finalizzati al controllo analitico di tutti gli edifici a rischio sul territorio italiano, ad oggi risulta che solo 20% degli edifici scolastici situati in zone classificate ad alto rischio sismico, hanno portato a termine le verifiche.
Le principali ragioni sono l'elevato costo e i lunghi tempi necessari: solo il 50% dei costi per le verifiche infatti è coperto dai finanziamenti statali, e in tempi di limitata disponibilità economica per comuni e Province, risulta non semplice reperire i fondi per colmare la restante parte.

Infine, per quanto riguarda gli investimenti che, in ragione delle problematiche strutturali e non strutturali presenti negli edifici scolastici devono essere sostenuti, i costi stimati sono molto elevati ed i finanziamenti insufficienti. La stima dei costi per la messa in sicurezza delle scuole italiane rispetto al rischio sismico non è facile, a causa della mancanza di dati di dettaglio relativi ai singoli edifici scolastici e, pertanto, si deve procedere per grandi numeri, con stime indirette, basate sui pochi dati disponibili in forma omogenea a livello nazionale.

Per avere un ordine di grandezza delle spese necessarie per la messa in sicurezza degli edifici scolastici, sono state prese in considerazione le valutazioni effettuate in occasione della redazione del Piano straordinario per la messa in sicurezza delle scuole[13]. La stima effettuata fa riferimento ai costi sostenuti nella ricostruzione post terremoto delle Regioni Umbria-Marche. Tale stima si limita gli edifici considerati a rilevante rischio sismico, situati nelle zone sismiche 1,2 e 3, e progettati nel periodo antecedente il 1979 (ovvero prima dei D.M. di attuazione della legge 64/74 e della riclassificazione sismica successiva al sisma del 1980).

Complessivamente, il fabbisogno economico calcolato è di circa 13 miliardi di euro e non è comprensivo di lavori pesanti di adeguamento sismico né di messa a norma degli impianti. Si tratta in ogni caso di stime approssimative che danno solo l'ordine di grandezza del fabbisogno necessario per il miglioramento sismico[14]. Alla luce di queste considerazioni, risulta necessario ed urgente intervenire per mettere in sicurezza gli edifici scolastici esistenti che rappresentano edifici strategici di primaria importanza.

Dall'analisi dello stato di fatto degli edifici scolastici, emerge una inefficienza diffusa del sistema della gestione tecnica del patrimonio edilizio, connessa ad una mancanza di monitoraggio costante e integrato dello stato degli edifici, che non permette di definire la priorità degli

[12] La necessità, per l'Ente titolare dell'immobile, di valutare la vulnerabilità sismica è stata sancita per la prima volta dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003L'O.P.C.M. 3274 emanata il 20 marzo 2003, all'art. 2, comma 3, recitava: "È fatto obbligo di procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, ai sensi delle norme di cui ai suddetti allegati, sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso. Le verifiche di cui al presente comma dovranno essere effettuate entro cinque anni dalla data della presente ordinanza e riguardare in via prioritaria edifici ed opere ubicate nelle zone sismiche 1 e 2,(...)".

[13] art.80, comma 21, legge 289/2002, del Ministero delle Infrastrutture sulla base della Banca dati del MIUR.

[14] Dolce M., Attività della Protezione Civile per la sicurezza sismica delle scuole, documento disponibile sul sito www.assisi-antiseismicsystems.org/Territorial/GLIS/Glisnews/GN12/GN12_4_Dolce.pdf (rilevato 17/05/2013)

interventi e quindi di provvedere ad una loro efficace pianificazione economica e operativa. Gli investimenti in manutenzione degli edifici scolastici sono inversamente proporzionali all'urgenza di intervento[15]. Dal 2008 ad oggi si rileva un calo del 50% degli investimenti sia in manutenzione straordinaria, ma soprattutto nella manutenzione ordinaria (meno 55%), rivelando una certa difficoltà nel mantenere la qualità degli standard di cura degli edifici.[16]

I.2. 4 Le principali problematiche relative ai consumi energetici

L'edilizia scolastica rientra tra le categorie di edifici con più alti livelli di consumo energetico. La causa è da ricercarsi sia nella complessa gestione energetica rispetto ad altre tipologie edilizie, che alle specifiche attività che vi vengono svolte.
I consumi energetici complessivi delle scuole italiane si aggirano attorno ad 1 milione di TEP all'anno di cui il 70% circa per il riscaldamento e il 30% per i consumi di energia elettrica[17].
Le tipologie scolastiche più energivore sono le scuole secondarie superiori, rappresentando il 27% circa dei consumi complessivi. All'elevato livello dei consumi per il funzionamento delle strutture scolastiche non è contrapposta un'efficace politica di gestione energetica di tali edifici, in grado di garantire il miglioramento della qualità degli ambienti interni in termini di comfort termico, di contenimento della domanda energetica, di uso razionale dell'energia, di riduzione delle emissioni inquinanti e di corretta gestione dei servizi energetici.

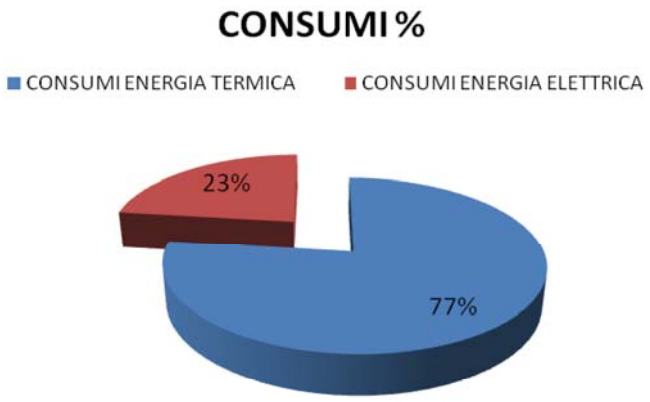


Fig. I.2.7 Percentuale di consumi di energia termica ed elettrica negli edifici scolastici (Fonte: XIV Rapporto Ecosistema Scuola (a cura di) Legambiente, Rapporto sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, 2013

La principale fonte dell'elevato consumo energetico degli edifici scolastici è costituita dal riscaldamento invernale. Lo studio condotto dal Gruppo di Ricerca TEBE del Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino rileva che il consumo di energia primaria relativa alla

[15] Clemente C., Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio.
Strumenti e strategie per la riqualificazione integrata e la valorizzazione del patrimonio scolastico nell'area metropolitana romana. (documento disponibile alla pagina
http://research.arc.uniroma1.it/xmlui/bitstream/handle/123456789/443/Sostenibilit%E0_riqualificazione.pdf?sequence=1)
[16] Cfr. Ecosistema Scuola, (a cura di) Legambiente, 2013.

[17] Sempre secondo il XIV Rapporto di Legambiente,

climatizzazione invernale di un edificio scolastico del Nord Italia è compreso tra i 120 ed i 200 KWh/mq anno (corrispondenti ad un intervallo compreso tra i 40 ed i 60 Kwh/mc anno), mentre il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione è compreso tra 56 e 83 KWh/mq anno.

Ai consumi energetici corrispondono notevoli emissioni di CO2 che, per il fabbisogno termico, corrispondono ad un *range* compreso tra i 27 ed i 46 Kg/mq all'anno nel caso di impiego di gas naturale (metano), ed in un *range* tra 41 e 68 Kg/mq all'anno, nel caso di impiego di gasolio. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, le emissioni di CO2 ammontano ad una quota compresa tra i 9 ed i 14 kg/mq all'anno fino ad un massimo di 82 kg/mq all'anno.

La causa degli elevati consumi energetici per il riscaldamento negli edifici scolastici, e dunque l'elevata emissione di CO2 nell'atmosfera, deve essere ricercata in primo luogo nella mancanza di una gestione adeguata degli impianti, a causa di un utilizzo spesso parziale della strutture scolastiche, in termini di orario e, a volte, di volumi. La curva di carico tradizionale prevede il picco massimo di potenza al mattino, dopodiché, con l'arrivo degli alunni e del loro apporto termico i carichi si attenuano notevolmente. Concluse le ore di lezione l'edificio normalmente viene chiuso ed il riscaldamento spento. Se alcuni locali vengono utilizzati anche nel pomeriggio, il riscaldamento può funzionare parzialmente anche per quasi tutto il resto della giornata. Dal momento che nelle scuole il carico massimo di potenza si raggiunge solo per poche ore al giorno, è fondamentale la potenza di spunto di inizio giornata, allorché l'edificio rimasto freddo per tutta la notte deve raggiungere il regime in poche ore. Per questo motivo spesso si verifica che le centrali termiche degli edifici scolastici siano sovradimensionate, determinando un notevole spreco di energia[18].

Tuttavia è necessario rilevare che si sta affermando sempre più la volontà di affrontare la gestione energetica dell'edificio secondo politiche innovative. Soprattutto nelle regioni del Nord, una buona percentuale di edifici utilizzano attualmente fonti di illuminazione a basso consumo e fonti energetiche rinnovabili. In alcuni casi gli stessi edifici dispongono anche di una efficiente gestione energetica quali valvole termostatiche, strumenti per la regolazione climatica, cellule fotoelettriche ecc. Parallelamente si sta sviluppando sempre più l'utilizzo di materiali sostenibili per la costruzione e ristrutturazione delle scuole e l'adozione di tecniche di bioarchitettura per i nuovi edifici[19].

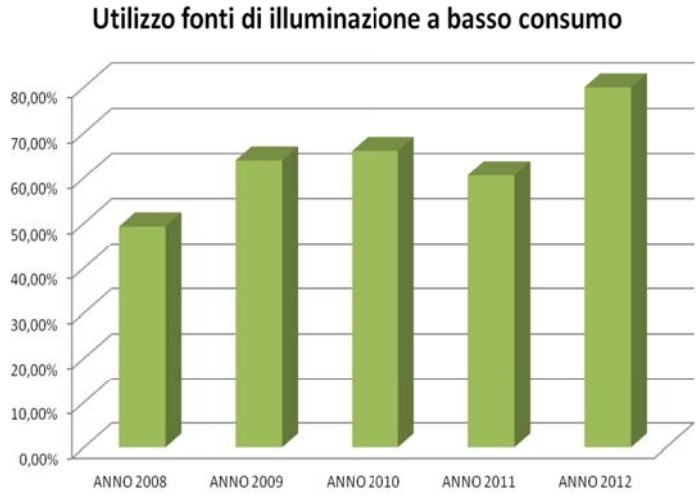
Il parco degli edifici scolastici esistenti presenta grosse lacune dal punto di vista dell'isolamento termico dell'involucro disperdente. Nello specifico, secondo i dati elaborati dall'Enea[20], i valori dell'Indice di Prestazione energetica dell'involucro (Epi) sono mediamente stimabili intorno ai 25

[18] Isolani P., L'uso razionale dell'Energia negli Edifici Pubblici, documento disponibile sul sito http:// www.sp.camcom.it/dinamo/uso-razionale-energia-edifici-pubblici.pdf, (rilevato 13/08/2012).

[19] Cfr. La Gioia V., Il retrofit tecnologico degli edifici scolastici, Tesi di dottorato in Tecnologie dell'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, a.a 2008/2009.

[20] I dati sulle dispersioni termiche sono forniti dalla ricerca condotta dall'Enea nell'ambito del progetto "Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione. Interazione condizionamento e illuminazione". E' stato dunque valutato un campione rappresentativo di edifici scolastici, scelti in base anche alla collocazione geografica delle scuole. "Dallo screening energetico è emerso che le scuole disperdono annualmente tra i 250 kWh/m2 e i 350 kWh/m2 (media 290 kWh/m2), equivalenti ad un consumo annuo di energia di circa 40 €/m2. Ciò significa che in Veneto il 95% degli edifici scolastici se fosse certificato risulterebbe in classe energetica G, la peggiore, e il restante 5% arriverebbe non oltre la classe F. Tali indici sono comprensivi anche del fabbisogno di acqua calda sanitaria che è calcolato sulla base delle persone che frequentano la scuola".

kWh/m^3 anno, con incidenza notevole degli infissi esterni sulla riduzione dei livelli prestazionali (circa 33%) ed incidenza delle coperture del 26,4%.



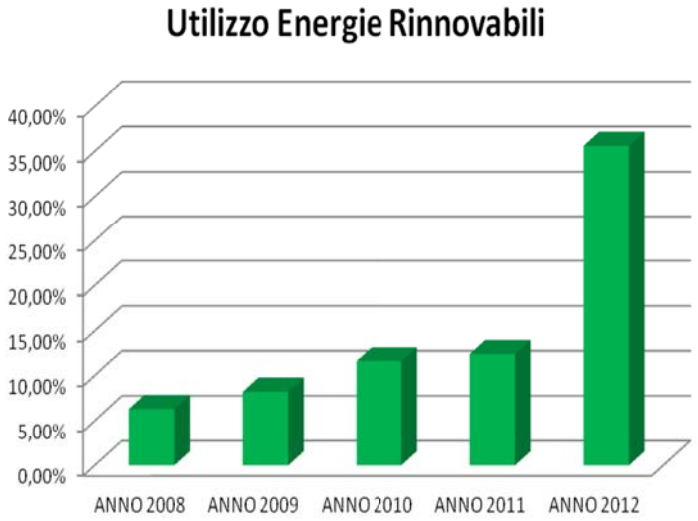


Fig. I.2.8, Fig I.2.9 Utilizzo fonti di illuminazione a basso consumo e utilizzo di energie rinnovabili negli edifici scolastici (Fonte: XIV Rapporto Ecosistema Scuola (a cura di) Legambiente, Rapporto sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, 2013)

I.2.5 Considerazioni conclusive

In Italia, lo stato in cui versa il patrimonio edilizio scolastico esistente rappresenta una realtà denunciata da diverso tempo, alla quale sono state date risposte frammentarie e, in alcuni casi, poco efficaci. Nonostante gli incentivi statali, le norme e le politiche comunitarie volte a promuovere la riqualificazione e la rivitalizzazione, gli edifici scolastici presentano problematiche costanti, quali la necessità di adeguamento alle normative (antincendio, barriere

architettoniche, sismica, energetica) gli elevati consumi energetici, il rischio per l'incolumità e la salute degli studenti, la mancanza di comfort degli ambienti. La questione relativa alla sicurezza strutturale rappresenta la prima problematica cui dare una risposta certa.

E' necessario intervenire sul patrimonio esistente con nuove modalità avendo una visione complessiva del problema e considerando allo stesso tempo molteplici fattori quali: la sicurezza sismica e idrogeologica degli edifici, la relativa sostenibilità ambientale, con particolare attenzione ai consumi energetici, l'opportunità di razionalizzare l'infrastruttura scolastica nel suo insieme con l'obbligo di assicurare la piena rispondenza funzionale delle strutture alle nuove esigenze didattiche e ad una nuova concezione degli spazi per l'apprendimento[21]. L'intervento di riqualificazione degli edifici scolastici rappresenta un'operazione necessaria "non solo per la conservazione del bene costruito, ma anche per il raggiungimento dell'efficacia e dell'efficienza dei processi formativi"(La Gioia V., 2009).

Alla luce dei dati numerici illustrati in questo capitolo, rappresentativi dello stato in cui versa il patrimonio edilizio scolastico esistente, risulta necessario ed urgente intervenire per mettere in sicurezza gli edifici scolastici esistenti e ridurne gli eccessivi e oramai ingestibili consumi. I dati relativi ai consumi energetici, anche se hanno conseguenze "meno gravi" su coloro che frequentano la scuola, non devono essere sottovalutati data la consistenza del patrimonio scolastico, e quindi l'incidenza che si può trarre dal contenimento dei consumi in questo settore. Se infatti gli Enti locali adottassero opportune politiche di efficientamento energetico, si potrebbero ottenere notevoli risultati in termini di risparmio energetico negli edifici e nell'illuminazione pubblica fornendo esempi virtuosi per i cittadini. In questo gli Enti Locali giocano un ruolo fondamentale per l'abbattimento dei consumi energetici.
Per quanto riguarda gli investimenti economici per gli interventi di sola messa in sicurezza degli edifici scolastici esistenti, come già anticipato nel capitolo, sarebbero necessari (secondo le stime della Protezione Civile) circa 13 miliardi di euro. Se a tale fabbisogno si aggiunge quello relativo agli investimenti necessari per la riqualificazione energetica e gli adeguamenti funzionali degli edifici il costo ovviamente moltiplica. Per l'adeguamento energetico delle scuole infatti, è stato valutato un impegno economico di circa 8 Miliardi di euro[22]. Per questa ragione bisognerebbe adottare un approccio "sinergico" negli interventi di riqualificazione, cercando di "accorpare" una o più problematiche in un unico processo di riqualificazione. In quest'ottica, la disciplina relativa al contenimento dei consumi energetici e della sicurezza sismica presentano dei margini di integrazione che sarebbe opportuno cogliere. La questione della sicurezza degli edifici scolastici è un obiettivo primario anche di Enti sovranazionali come l'OCDE che nel 2005 ha emanato raccomandazioni ai paesi aderenti[23], in cui vengono stabiliti principi ed elementi per possibili programmi di azioni risolutive.

L'interesse internazionale alla questione scolastica "fa si che questo settore possa ritornare ad essere uno degli ambiti prioritari di investimento infrastrutturale e di promozione di un processo finalizzato anche alla riqualificazione "strutturale", "sociale", ed "educativa" del Paese"(Clemente C., 2011).

[21] Cfr. Ance (a cura di), Audizione dell'Ance sulla situazione dell'edilizia scolastica in Italia. Indagine conoscitiva della VII (Cultura, Scienza e Istruzione) Camera dei Deputati. 2013. Documento disponibile all'indirizzo http://www.ance.it/docs/docDownload.aspx?id=14904 .

[22] Citterio M., Fasano G., Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale escuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica , Report RDE, 2009/165.

[23] OECD Recommendation Concerning Guidelines on Earthquake Safety in Schools.

Di seguito una rassegna di episodi di crolli e cedimenti negli edifici scolastici.[24]

Mestre (VE), 8 Settembre 2011 – Cede un soffitto del liceo, rimandato l'inizio delle lezioni (Ansa)
"L'edificio aveva già subito alcuni crolli all'inizio di agosto ed erano in corso i lavori di ripristino, ma il soffitto del pianoterra ha ceduto con crolli di pannelli e mattoni, costringendo il rinvio dell'inizio dell'anno scolastico ed il trasferimento temporaneo degli studenti. I responsabili della manutenzione della Provincia sono intenzionati ad estendere le verifiche a tutto l'edificio che ha 40 anni."

Pisa, 12 Settembre 2011 – Crollano gli intonaci nelle scuole. I genitori protestano (www.firenze.repubblica.it)
"I Vigili del Fuoco hanno effettuato un sopralluogo nelle classi delle scuole elementari Novelli e le aule sono state dichiarate inagibili a causa dei crolli di intonaco. I genitori in protesta, accusano il Comune di non essere intervenuto prima come promesso. Infatti, erano previsti degli interventi di ripristino durante il periodo estivo ma non sono mai stati realizzati. I genitori sono particolarmente preoccupati perché con le piogge i crolli potrebbero ricominciare. E' intervenuto l'Assessore ai Lavori Pubblici dichiarando che presto inizieranno i lavori di ripristino degli spazi inagibili."

Roma, 21 Ottobre 2011 – Il maltempo causa crolli nelle scuole della capitale (www.iltempo.it)
"Per molti studenti della Capitale ieri le porte delle scuole sono rimaste chiuse. In diversi istituti, a causa del maltempo si sono verificati allagamenti, crolli di soffitti e muri sgretolati. Gli studenti del Liceo Orazio mentre facevano lezione si sono ritrovatibagnati dalla pioggia che penetrava dal soffitto. Danni anche al Liceo Classico Socratedella Garbatella, dove si è staccato un pezzo di intonaco che ha colpito un ragazzo, per fortuna senza conseguenze. Completamente allagate le classi del Liceo Classico Albertelli. Sono rimaste chiuse anche le scuole elementari Leopardi e Mozart. Il maltempo ha costretto i genitori a riportare i figli a casa per via delle classi inagibili."

Casoria, 5 Novembre 2011 – Panico in aula, cadono calcinacci (Il Giornale di Napoli)
"Cadono calcinacci nell'istituto delle Suore Figlie della Carità di Casoria. Nella scuola erano già in corso dei lavori, ma, visto l'accaduto, il Sindaco ha deciso di chiudere l'istituto per almeno 10 giorni per le opportune verifiche."

Venafro, 7 Novembre 2011 – Crolla il soffitto in una scuola da poco ristrutturata con fondi del sisma
"Nella Scuola Media Leopoldo Pilla è crollato un monoblocco di 60 metri dal soffitto. Poteva trattarsi di un'altra tragedia nel Molise. Per fortuna il crollo si è verificato nelle prime ore della mattinata e la scuola era chiusa. L'Istituto era stato riaperto da soli 50 giorni, dopo una ristrutturazione costata 400 mila euro. Due le imprese che si sono avvicendate, perché diversi sono stati i problemi riscontrati nel corso dei lavori".

Rivoli, 19 Gennaio 2012 – Ancora paura al Liceo Darwin di Rivoli (www.orizzontescuola.it).
"Si è verificato un altro crollo nel Liceo Darwin di Rivoli, dove è morto Vito Scafidi. L'episodio ha destato sconcerto e preoccupazione. Diversi gli interventi delle forze politiche e non solo. Anche Cittadinanzattiva che da anni si occupa di sicurezza, ha commentato l'accaduto come un episodio "sconcertante", soprattutto perché, a distanza di tre anni dalla tragedia e nonostante lo stanziamento di tre milioni di euro per la messa in sicurezza della scuola ancora non si è fatto niente".

[24] Cittadinanzattiva (a cura di), X Rapporto 2012 "Sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici", campagna imparare sicuri 2012

Cesena, 1 Febbraio 2012 – Le nevicate intense provocano crolli in una scuola
"Una nevicata record, che si è abbattuta sull'Emilia Romagna, ha creato seri problemi alla viabilità ma, soprattutto, ha causato il crollo di un tunnel, che collegava la scuola materna ed elementare di San Vittore. Per fortuna nessun danno alle persone. Le scuole erano chiuse in tutta la città".

Torino, 7 Febbraio 2012 – Lezioni spostate in un altro edificio perché la scuola è a rischio crollo
"I bambini della scuola materna Calvino sono stati trasferiti in un altro edificio per motivi di sicurezza. Secondo i tecnici del Comune il problema sarebbe stato causato dal freddo che avrebbe fatto gelare l'acqua nei tubi. Problema simile anche nella scuola materna Il Piccolo Principe di La Loggia, dove gli alunni sono stati spostati in un'altra ala dell'Istituto".

Vergato (BO), 16 Febbraio 2012 – "Tragedia evitata in una scuola di Vergato mentre la scuola Chiostri viene chiusa Crollati due pannelli di cartongesso dal controsoffitto di un'aula, nella scuola elementare XXI Aprile di Vergato, in provincia di Bologna. La tragedia è stata evitata, visto che il crollo si è verificato nella pausa pranzo e in classe non c'era nessun bambino. I tecnici hanno stabilito che al momento non ci sono pericoli per la staticità ma cinque classi sono state dichiarate inagibili fino alla prossima settimana. Il Comune di Bologna, inoltre, ha deciso la chiusura precauzionale della scuola primaria statale "Chiostri", che, dopo un sopralluogo i tecnici hanno dichiarato inagibile. Cittadinanzattiva X Rapporto Sicurezza a scuola 2012".

Settimo Torinese, 29 Febbraio 2012 – L'asilo nido dichiarato inagibile per via di materiali scadenti (www.torinotoday.it)
"Nell'asilo nido di via Moglia a Settimo Torinese si è verificato lo scorso 12 Dicembre il crollo di una parte di controsoffitto nella zona del dormitorio. Fortunatamente l'aula in quel momento era vuota. La struttura doveva essere riaperta a gennaio, ma i tecnici del Comune hanno dichiarato che le controsoffitature presenti sono state realizzate con materiali scadenti e rischiano di crollare. Le parti interessate saranno demolite e ricostruite. La Procura sta aspettando la conclusione della consulenza dei tecnici per formulare l' ipotesi di reato".

Foggia, 29 Febbraio 2012 – "Continuano i crolli al Liceo Poerio (www. statoquotidiano.it)
Nonostante i controlli effettuati sui soffitti del Liceo Poerio dai tecnici della Provincia che hanno accertato che non vi sia pericolo per le persone, ci sono stati altri crolli di intonaco dai soffitti del primo piano, teoricamente immune da infiltrazioni".

Urbino, 2 Marzo 2012 – "Emergenza scuole: serve un milione di euro Situazione di emergenza delle scuole del Montefeltro, in particolare a Urbino e Cagli, a causa delle forti nevicate: tetti crollati, infiltrazioni, danni ad infissi e mobili. I costi per rimetterle in sesto sono elevati: sarebbe necessario un milione di euro, ma il Comune e la Provincia non hanno a disposizione questa cifra. La situazione è resa anche più critica dall'impossibilità di utilizzo dei fondi ad oggi ancora bloccati, per il patto di stabilità".

Rimini, 25 Marzo 2012 – Tragedia sfiorata: crolla il soffitto della scuola Borghese
In un'aula della scuola media Borghese verso le 11 di mattina si è staccato un pezzo di intonaco, ed è caduto un pezzo di lamiera su un banco, dove, qualche minuto prima, era seduta un'alunna. Per fortuna i ragazzi erano fuori dall'aula per l'intervallo. La Dirigente ha subito interpellato i tecnici che si occupano della manutenzione. C'era stata una lesione mai segnalata neanche durante i lavori di ristrutturazione avvenuti la scorsa estate. I problemi dell'istituto sono diversi e il comitato dei genitori esprime rabbia per l'accaduto e chiede lo spostamento della scuola presso un'altra struttura.

S. Angelo a Sasso (BN), 27 Marzo 2012 – Crolla un muro nella scuola elementare: subito un sopralluogo
Nei giorni scorsi un muro perimetrale di un'aula della scuola elementare di S. Angelo Sasso ha ceduto. E' seguito un sopralluogo dei tecnici del Comune che hanno confermato che gli interventi di ristrutturazione saranno immediati.

Bibliografia

Ance (a cura di), *Audizione dell'Ance sulla situazione dell'edilizia scolastica in Italia. Indagine conoscitiva della VII (Cultura, Scienza e Istruzione) Camera dei Deputati*. 2013. Documento disponibile all'indirizzo http://www.ance.it/docs/docDownload.aspx?id=14904

Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente, *Definizione di un modello di diagnosi energetica per gli edifici*. 2013

Clemente C., *Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio*. 2013. documento disponibile all'indirizzo internet http://research.arc.uniroma1.it/xmlui/bitstream/handle/123456789/443/Sostenibilit%E0_riqualificazione.pdf?sequence=1

Citterio M., Fasano G., *Indagini sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica*. 2009

Cittadinanzattiva (a cura di), *Sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici*. 2012 Documento disponibile all'indirizzo https://docs.google.com/file/d/0B8ksqiUN476iT254X1BEVGptVkE/edit?pli=1

Dolce M., Attività della Protezione Civile per la sicurezza sismica delle scuole, documento disponibile sul sito www.assisi ntiseismicsystems.org/Territorial/GLIS/Glisnews /GN12/GN12_4_Dolce.pdf (rilevato 17/05/2013)

Legambiente (a cura di), *Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi.* 2013

La Gioia V., *Il retrofit tecnologico degli edifici scolastici*, Tesi di dottorato in Tecnologie dell'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, a.a 2008/2009.

Romagnoni P., Antonini E., Boscolo M., Cappelletti F., *Riqualificazione di edifici scolastici: risultati di una campagna di monitoraggio energetico*. Report Ricerca di Sistema Elettrico . Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA, 2010

Sitografia

Aesse- Abitare la scuola, www.bdp.it/aesse-

Enea- Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, www.enea.it.

Legambiente, www.legambientescuolaformazione.it

Dipartimento Protezione Civile, www.protezionecivile.gov.it

Associazione Nazionale Costruttori Edili, www.ance.it

Archivio dell'area istruzione, http://archivio.pubblica.istruzione.it/

Università di Bologna, CIRI Edilizia e Costruzioni http://www.edilizia-costruzioni.unibo.it/
Wired.It Verifiche sismiche nelle scuole
http://daily.wired.it/news/politica/2012/10/12/verifiche-sismiche-costi-regioni-121234.html

Teenergy Schools, High energy effiency schools in the Mediterranean Area
http://teenergy.commpla.com/

Cittadinanzattiva, Impararesicuri ,
https://docs.google.com/file/d/0B8ksqiUN476iT254X1BEVGptVkE/edit?pli=1

Prof. Dr. Ing. Raffaele Landolfo http://www.raffaelelandolfo.it/

http://www.oecd.org/edu/innovation-education/33629104.pdf

CAP. I.3
Lettura dei principali fattori responsabili della vulnerabilità sismica e dei consumi energetici

Gli edifici scolastici esistenti costituiscono un patrimonio differenziato per epoca costruttiva, livelli di adeguamento strutturale e funzionale, con gravi problematiche di obsolescenza tecnica diffusa.
Nel capitolo si individuano i principali fattori che hanno contribuito ad ereditare un patrimonio edilizio scolastico energivoro e non sicuro sismicamente.Tali fattori possono essere riassunti in:

- *Epoca costruttiva;*
- *Caratteristiche costruttive;*
- *Caratteristiche morfologiche;*

Ciascun fattore è collegato, in diversa misura, alla problematica sismica ed energetica. Nei paragrafi che seguono vengono messi a confronto i diversi fattori con le problematiche ad essi associate.

Nota introduttiva

Il riferimento principale per le analisi svolte in questo capitolo è il censimento sulla "Vulnerabilità degli edifici pubblici, strategici e speciali" promosso dal Dipartimento della Protezione Civile nell'ambito dei Lavori Socialmente Utili, realizzato nel corso degli anni 1997 e 1998 (subito dopo il sisma Umbro-Marchigiano).

Il censimento ha consentito di approfondire la conoscenza del rischio sismico di circa 20.420 edifici scolastici di ogni livello (dagli asili nido alle università), ovvero quasi l'intero patrimonio edilizio scolastico dell'Italia Meridionale e metà di quello nazionale. L'operazione rappresenta l'indagine più completa relativa alle caratteristiche e peculiarità del patrimonio edilizio scolastico, tanto che il lavoro è stato successivamente ripreso dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, nell'ambito del progetto SAVE- Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani[1] (Programma triennale 2000-2002), con l'obiettivo di ampliare e sistematizzare la conoscenze sulla vulnerabilità degli edifici censiti e l'arricchimento dell'inventario delle caratteristiche tipologico- costruttive. Recentemente i dati sono stati ulteriormente ripresi e aggiornati dal gruppo di lavoro Eurocentre, che dal 2008 si occupa della gestione di un tool per l'informatizzazione dei dati disponibili sull'edilizia scolastica a scala nazionale[2]

[1] Progetto SAVE- Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani. Coordinatori del Progetto: *Mauro Dolce* – Università della Basilicata e *Giulio Zuccaio* – Università di Napoli. Task 2 - Inventario e vulnerabilità degli edifici pubblici e strategici dell'Italia centro-meridionale. Valorizzazione dei dati di vulnerabilità degli edifici pubblici rilevati, nell'ambito del Progetto LSU- 96, in 1.510 comuni nelle regioni: Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia (Provincia di Foggia) e Sicilia orientale (Province di Catania, Ragusa, Siracusa e 67 comuni della fascia orientale della Provincia di Messina.

[2] La piattaforma sviluppata è utilizzata dal Dipartimento della Protezione Civile per la valutazione del rischio sismico e dello scenario di danno.

I.3.1 Caratteristiche generali dell'edilizia scolastica

In Italia la realizzazione degli edifici scolastici è strettamente legato all'andamento della natalità del paese. A partire dagli anni sessanta del secolo scorso, la crescita demografica, "ha determinato una intensificazione delle costruzioni adibite ad uso scolastico, con incremento notevole negli anni Settanta ed Ottanta, assestandosi definitivamente negli anni Novanta su valori molto bassi, a causa soprattutto della stasi demografica e del calo della natalità"[3].

La crisi economica degli anni Novanta infatti, e la diminuzione dell'andamento demografico soprattutto al sud, hanno determinato l'abbandono di buona parte degli edifici scolastici dislocati nei centri minori, in favore di nuovi "accorpamenti di sedi", con conseguente aumento del numero di studenti per singola scuola. Tuttavia la realizzazione degli istituti Comprensivi[4] (che hanno portato all'accorpamento di più scuole in un unico istituto) nasce ancor prima, ovvero alla fine degli anni 70, in concomitanza con il processo di realizzazione dell'autonomia e della riorganizzazione dell'intero processo formativo avvenuto nel 1977[5].
Per le cause citate gli edifici per l'istruzione primaria e per l'infanzia, sono già oggetto da molti anni di ristrutturazioni, ampliamenti, adeguamenti funzionali e tecnologici, sia per adeguarsi alle novità legislative, sia per la necessità di una consistente riqualificazione di un patrimonio edilizio logorato dal tempo e dall'incuria.

Risulta inoltre che una buona percentuale delle sedi è ospitata in edifici concepiti per svolgere altri tipi di funzioni (come caserme, conventi, abitazioni), oppure in edifici storici tutelati, e situati all'interno di tessuti urbani densamente abitati.
Questo aspetto incide non poco sulla sicurezza strutturale e sulla razionalizzazione dei consumi energetici, dal momento che ogni adeguamento funzionale comporta, inevitabilmente delle modifiche strutturali sostanziali che possono alterare l'equilibrio statico (e non solo) della costruzione.

Il rapporto annuale ecosistema scuola 2013, a cura di Legambiente, ha riportato dati significativi in merito, dichiarando che il 17% degli edifici che attualmente ospitano le scuole sono stati originariamente progettati e realizzati per funzioni differenti. All'interno di questa percentuale, la quota maggiore (7,5%) è occupata dalle scuole localizzate in edifici storici di cui le città italiane sono particolarmente ricche.
Si tratta principalmente di edifici che ospitavano le funzioni tipiche della vita sociale e politica della città, oppure di conventi, monasteri e spazi di interesse storico e religioso. Negli anni, anche edifici privati di particolare funzione sociale collettiva quali le abitazioni private sono state trasformate in scuole, sebbene in quota molto inferiore alla precedente (5%). In questi casi le trasformazioni che devono subire tali edifici per poter successivamente ospitare gli spazi didattici sono assolutamente sostanziali. Infine, una quota molto ristretta (0.1%) vede le istituzioni scolastiche all'interno di edifici che precedentemente erano destinati a caserme[6].

[3] Cfr. Boarin P., Riqualificazione Energetica ed Ambientale dell'Edilizia Scolastica. Immagini, obiettivi, strategie opportunità, Tesi di dottorato in Tecnologie dell'Architettura, Università degli studi di Ferrara, a.a 2006/2008, p.56.

[4] DPR 18 Giugno 1998, n. 233, Regolamento recante norme per il dimensionamento ottimale delle istituzioni scolastiche e per la determinazione degli organici funzionali dei singoli istituti, a norma dell'art. 21 Legge n. 59 del 16/07/97,art. 2 Parametri.

[5] Boarin P., Riqualificazione energetica ed ambientale dell'edilizia scolastica. Immagini, obiettivi, strategie, opportunità, Tesi di dottorato in tecnologia dell'architettura, Università degli studi di Ferrara, 2008 p. 55

[6] Ibidem, p.89

A tutto questo si deve aggiungere anche la questione degli interventi subiti nel tempo. Dall'indagine compiuta nell'ambito del progetto Save[7], relativamente all'analisi delle caratteristiche tipologiche degli edifici per l'istruzione e la sanità, emerge che gli interventi più frequenti, che si sono susseguiti nel tempo sono relativi alle ristrutturazioni e manutenzioni non antisismiche. Gli edifici scolastici in cemento armato sono quelli che per la maggior parte non hanno subito interventi di alcun tipo (con una percentuale quasi doppia rispetto alla muratura), appartenendo ad epoche costruttive più recenti.

Eventuali normative, inoltre, possono aver determinato comunque degli adattamenti degli edifici, per esempio resi necessari dal fatto che l'edificio è nato con altre funzioni e poi è stato utilizzato come scuola. Questi aspetti, unitamente alla scarsa manutenzione operata nel tempo, hanno contribuito ulteriormente ad aggravare la già compromessa situazione degli edifici scolastici.

I.3.2 Epoca costruttiva

L'epoca di realizzazione è un'informazione indispensabile per la conoscenza delle caratteristiche tipologiche e costruttive degli edifici scolastici considerati. Il periodo di realizzazione di un edificio consente di risalire alla normativa vigente in un dato periodo, quindi di definire, entro certi limiti, le probabili vulnerabilità sismiche e problematiche energetiche presenti.
In Italia, più del 60% degli edifici scolastici è stato realizzato nel periodo antecedente il 1975[8], ovvero prima della emanazione di adeguate normative sismiche e sul contenimento dei consumi energetici.

Di questi edifici, circa il 90% sono in muratura portante. Tuttavia anche gli edifici realizzati negli anni successivi presentano problematiche e carenze sia dal punto di vista sismico che energetico. Per quanto riguarda la normativa sismica, nella progettazione delle tipologie scolastiche realizzate a partire dagli anni settanta infatti, si teneva conto unicamente della prestazione a collasso dell'edificio per terremoti particolarmente violenti. Vale a dire che le norme trattavano principalmente la resistenza delle strutture, trascurando l'ottenimento di un'adeguata duttilità, prerogativa essenziale affinché gli edifici siano in grado di sostenere terremoti violenti.

Inoltre fino al D.M 16 Gennaio 1996[9], non era contemplato nelle normative nessuno specifico criterio di limitazione della deformabilità che potesse limitare i danni non strutturali sotto terremoti di intensità medio- bassa. In definitiva si può affermare che "gli edifici scolastici, progettati secondo le norme pre-1996 hanno normalmente carenze che conducono ad un elevato rischio di collasso sotto terremoti violenti e un alto rischio di danno non strutturale sotto terremoti di intensità moderata"[10] (Dolce, 2005).

[7] Progetto: SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani, Task 2 inventario e vulnerabilità degli edifici pubblici e strategici dell'italia centro-meridionale, Volume I, caratteristiche tipologiche degli edifici per l'istruzione e la sanità, a cura di m. dolce e a. martinelli.
[8] Nel 1975, con decreto del 3 marzo, è stata emanata la prima normativa sismica.
[9] D.M. 16/1/96, Norme tecniche relative ai "criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
[10] Dolce M. 2005, La sicurezza sismica delle scuole italiane. Documento disponibile all'indirizzo p.http://www.utsbasilicata.it/attachments/article/260/Prof.%20Dolce.pdf

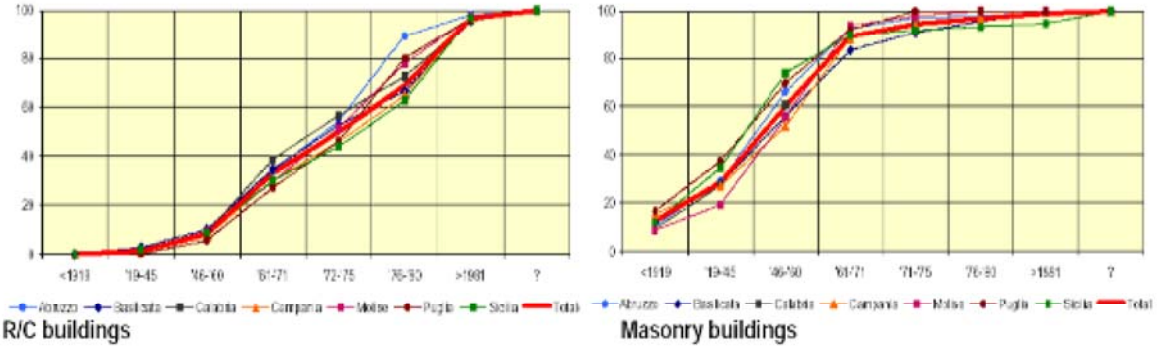


Fig. I.3.1 Distribuzione cumulative dell'età degli edifici scolastici al campione LSU (13041 edifici in c.a 7379 edifici in muratura).

Come si può vedere in fig. I.3.1, in cui è riportata l'età degli edifici scolastici dell'Italia Meridionale (dati del progetto LSU) in forma di curve di distribuzione delle frequenze cumulative, circa il 70% degli edifici in c.a. è stato realizzato prima del 1980, mentre questa frazione sale a più del 95% per gli edifici in muratura. Ciò significa che gran parte degli edifici in c.a. e quasi tutti gli edifici in muratura sono stati progettati senza adeguati criteri antisismici.

La progettazione degli edifici scolastici a partire dagli anni 80 infatti, era basata sulla legge 373/76, i cui criteri e principi sono stati messi in discussione dagli eventi sismici successivi. Gli edifici in cemento armato in particolare per molto tempo sono stati progettati per resistere ai soli "carichi verticali", con un comportamento strutturale non adeguato all'azione sismica. Le strutture quindi erano in grado di resistere in una sola direzione ad eventuali forze sismiche orizzontali, mentre risultavano vulnerabili nell'altra direzione. Tutto questo ha comportato un'eccessiva deformabilità nel comportamento globale, con conseguenti gravi danni alle parti non strutturali (tamponature esterne e tramezzature interne) anche per terremoti di bassa intensità.

Per quanto attiene invece la normativa energetica, a partire dal 1991 con l'emanazione della Legge 9.1.1991 n. 10, "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" le scuole, come tutti gli edifici pubblici nuovi o in ristrutturazione, avrebbero dovuto integrare il risparmio energetico e le fonti rinnovabili negli edifici dichiarati interventi di pubblica utilità e di pubblico interesse. La mancata applicazione della norma in tutto il territorio nazionale ha portato ad un parco edilizio scolastico di gran lunga lontano dagli standard qualitativi della media europea. [11]

Parallelamente, a partire dagli anni Ottanta si sono sviluppati i primi studi sulla sperimentazione dell'energia solare nell'edilizia scolastica promossi in particolare dal centro Studi per l'Edilizia scolastica[12]. La tendenza alla sperimentazione nell'integrazione delle tecnologie per lo

[11] La Gioia V., Il retrofit tecnologico degli edifici scolastici. Guida per la riqualificazione funzionale spaziale e il miglioramento, Tesi di dottorato, Università degli Studi di Napoli "Federico II", http://www.fedoa.unina.it/4125/1/lagioia.pdf (rilevato 12/11/2013).

[12] dall'art. 90 - d. l.vo 16 aprile 1994, n. 297: Centro Studi per l'Edilizia Scolastica "Presso il ministero della pubblica istruzione funziona il centro studi per l'edilizia scolastica con i seguenti compiti: A) promuovere iniziative di studio, di ricerca e di sperimentazione, relativamente alla riqualificazione degli edifici, ai criteri di progettazione ,ai costi, alla tipizzazione edilizia, alla razionalizzazione ed industrializzazione dei sistemi di costruzione, alla manutenzione degli edifici; B) provvedere alla pubblicazione e alla diffusione e valorizzazione dei risultati degli studi e delle sperimentazioni eseguite sia in Italia che all'estero (...)"

sfruttamento passivo delle risorse energetiche, ha manifestato un andamento altalenante fino alla seconda metà degli anni Novanta.

Per avere un'applicazione sistematica e regolamentata dei criteri per il contenimento dei consumi energetici si deve attendere l'emanazione del D.Lgs. 192/2005, con il quale è stata recepita la direttiva europea 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia. Con l'applicazione della direttiva europea, anche gli edifici scolastici dunque diventano palestra di sperimentazione virtuosa per l'applicazione di tutte quelle tecnologie di involucro e di impianto che ne garantiscono l'efficienza energetica.

In definitiva si può quindi dedurre che la maggior parte degli edifici scolastici presenti sul territorio nazionale è stata realizzato in assenza di adeguate normative, e il grado di vulnerabilità cresce in relazione all'età costruttiva. Il grafico riportato in figura. I.2.2., mostra l'età costruttiva degli edifici, suddivisi in base alla funzione scolastica.

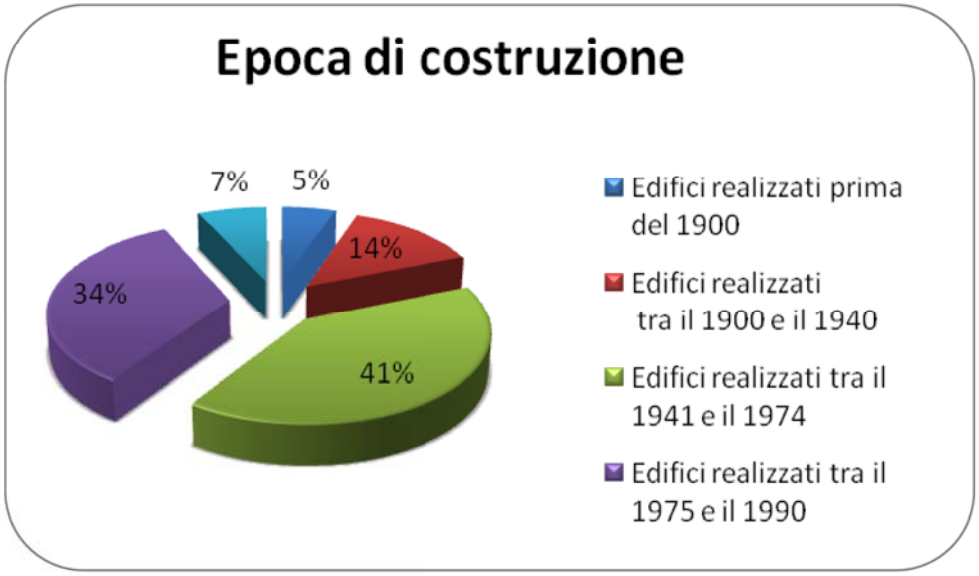


Fig. I.3.2 Epoca di Costruzione degli edifici scolastici in Itaia (Fonte: XIV Rapporto Ecosistema Scuola (a cura di) Legambiente, Rapporto sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, 2013)

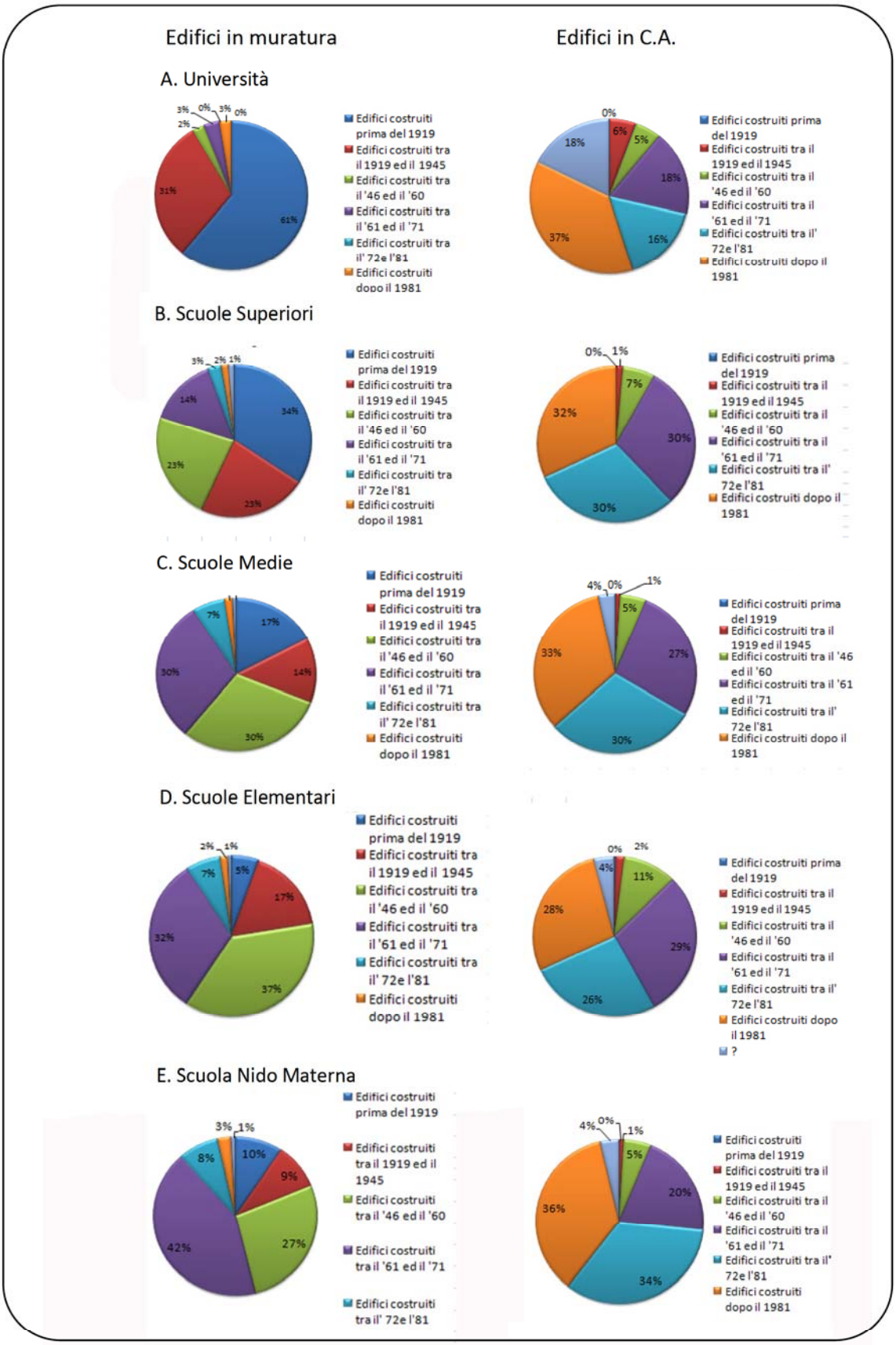


Fig. I.3.3 Epoca di Costruzione di ciascuna tipologia scolastica (Fonte rielaborazione dati SAVE- Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani, 2002)

I.3.3 Caratteristiche costruttive

Gli edifici scolastici sul territorio nazionale sono prevalentemente caratterizzati da:

- tipologia costruttiva in muratura;
- tipologia costruttiva in cemento armato.

Nonostante questi ultimi siano stati realizzati in un periodo relativamente più recente, non vi è molta differenza tra le due tipologie in termini di diffusione sul territorio nazionale. Gli edifici scolastici presentano vulnerabilità che sono strettamente legate alle caratteristiche costruttive. A tali vulnerabilità si sommano gli interventi operati nel tempo che hanno, in particolare, contribuito a modificare il comportamento strutturale degli edifici. Molti edifici sono stati oggetto di interventi poco compatibili, quali superfetazioni, sopraelevazioni e nuovi annessi.

I.3.3.1 Caratteristiche degli edifici in muratura

In Italia, le tecnologie costruttive che caratterizzano gli edifici scolastici in muratura, variano sostanzialmente in base alle regioni. Il censimento condotto dal Dipartimento della Protezione Civile (1997-98), ha messo in evidenza le seguenti tipologie di muratura prevalenti, associate all'edilizia scolastica.

- muratura in pietra squadrata (circa il 27%);
- muratura in mattoni pieni (circa il 26%);
- muratura in pietra sbozzata o sbozzata con ricorsi (circa 10%).
- muratura a sacco (circa il 5%).

Per quanto riguarda le strutture orizzontali, sempre secondo il censimento, la tipologia prevalente è costituita dai solai in latero-cemento, ad eccezione degli edifici più antichi che, essendo stati realizzati prima del 1919, presentano solai realizzati con putrelle e voltine o tavelloni.

Le problematiche strutturali legate alle caratteristiche costruttive della muratura sono associate ai seguenti fattori:

- scarsa qualità della muratura;
- scarsa qualità dei collegamenti tra i maschi murari;
- disposizione delle aperture;
- scarsa qualità dei collegamenti tra i solai di interpiano ed i maschi murari;
- scarsa rigidezza dei solai.
- presenza di elementi spingenti.

Per quanto riguarda il primo fattore, una cattiva qualità della muratura portante determina una disomogeneità nel comportamento strutturale dell'edificio in caso di sollecitazione sismica. Tale fattore è associato sia alla qualità dei blocchi (naturali o artificiali) che costituiscono la muratura, che dallo stato di conservazione delle malte. Anche la qualità della tessitura muraria, determinata dalla regolarità dei filari, dallo sfasamento dei giunti, dalla disposizione dei blocchi, è importante per garantire una buona resistenza globale.

Un aspetto che incide negativamente sempre sul comportamento strutturale è la presenza di elementi spingenti (tipo tetti a padiglione, archi, strutture voltate, ecc.), non contrastati da efficaci presidi atti ad eliminare tali spinte. Anche la presenza delle aperture nella compagine muraria rappresenta in genere una discontinuità nella rigidezza di insieme degli elementi resistenti verticali. In una disposizione di aperture non allineate, i maschi murari che scaricano sui tratti vuoti provocano un percorso delle forze complesso ed inadeguato. Per quanto riguarda la qualità dei collegamenti tra i maschi murari, un efficace collegamento garantisce il buon

funzionamento del "comportamento scatolare" della costruzione, evitando il distacco delle pareti soggette ad azioni perpendicolari al piano, come l'azione sismica, viceversa l'assenza o l'inefficacia dell'ammorsamento rende la parete vulnerabile all'azione sismica, e quindi soggetta a meccanismi di ribaltamento fuori del piano. L'efficacia dei collegamenti è garantita sia da una realizzazione "a regola d'arte" delle connessioni tra elementi verticali, che attraverso la presenza di catene o cordoli di collegamento a tutti i livelli. Il comportamento scatolare di una costruzione in muratura portante è garantito anche dalle caratteristiche costruttive degli orizzontamenti e dei relativi collegamenti. Gli orizzontamenti infatti trasferiscono le azioni sismiche alle pareti d'ambito e per questo, in zona sismica devono avere una certa rigidezza e garantire efficaci collegamenti con i maschi murari.

Tipologia strutturale	Numero di edifici
Muratura	19749
C.a.	19637
TOT	39386

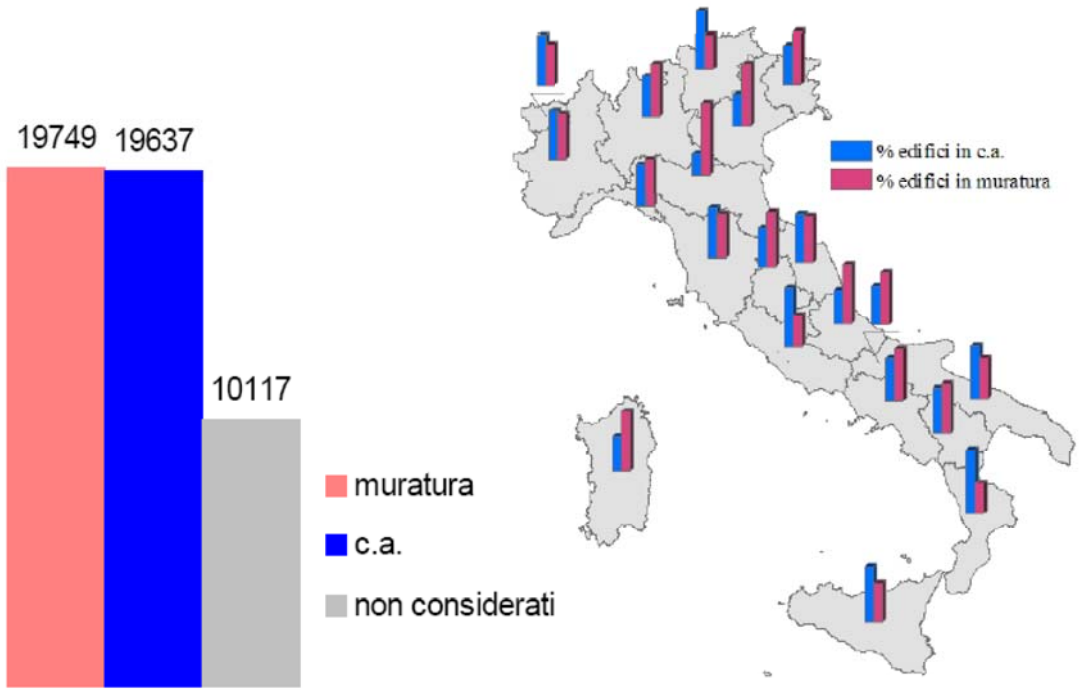


Fig. I.3.4 Numero di edifici in muratura ed in cemento armato distribuiti sul territorio nazionale. (Fonte: XIV Eurocentre, 2010)

Le vulnerabilità riscontrate negli edifici in muratura a seguito di un evento sismico sono difficilmente sintetizzabili dal momento che questa tipologia costruttiva assume, in presenza di azione sismica un comportamento complesso e specifico di ogni situazione.
Una classificazione semplice ma efficace degli edifici in muratura portante è quella proposta da Pagano (1969)[13] e ripresa da Boscolo Bielo (2012)[14], che individua tre modelli di comportamento degli edifici in muratura.

- Edifici con ritti in muratura realizzata con elementi lapidei o laterizi pieni. In generale questi edifici sono caratterizzati da capriate di legno, mentre gli orizzontamenti funzionano principalmente con il principio dell'arco o della volta. Le aperture possono presentare un elemento superiore di arco di scarico o piattabanda. La struttura costruttiva, a causa dei mutamenti e degradi subiti negli anni, possiede potenzialmente una scarsa resistenza a trazione e un comportamento "a elementi separati" con possibilità di rotture locali in seguito a eventi sismici.

- Edifici con ritti in muratura e orizzontamenti costituiti da solai la cui orditura principale è composta da travi isostatiche in legno o ferro. Si tratta di tipologie costruttive caratterizzate da una distribuzione dei carichi dei solai di tipo monodirezionale, generalmente del tipo travi appoggiate sui muri maestri, a volte con presenza di un rompi tratta trasversale che esercita un carico pressoché concentrato sui muri trasversali.
Aspetti peculiari per una valutazione del comportamento di tali strutture sono la differenziazione tra i materiali costituenti elevazione e orizzontamenti, l'ammorsamento delle travi nei muri portanti e la loro capacità di trasferire le forze orizzontali agli elementi in elevazione, la rigidezza dell'orizzontamento, la presenza di eventuali riseghe nei muri portanti che possano diminuirne le spessore resistente sia in elevazione che localmente.

- Edifici con ritti in muratura e orizzontamenti costituiti da solai ammorsati in un cordolo perimetrale in calcestruzzo armato: costituiscono la tipologia più diffusa per quanto riguarda gli edifici in muratura di recente costruzione, anche in conseguenza del fatto che molte normative tecniche hanno reso obbligatoria la realizzazione di una cordolatura in c.a. a livello dei solai, per lo più realizzati in latero-cemento con soletta in c.a.; l'effetto principale di tali cordolature, se effettuate con continuità sul perimetro di piano, è un effetto di cerchiatura della muratura, oltre a quelli di maggiore collegamento degli orizzontamenti con le pareti verticali, di distribuzione di eventuali carichi localizzati e di diminuzione dell'altezza libera di inflessione del paramento murario. L'effetto dei solai in latero-cemento, è di un collegamento rigido che funge da ripartitore delle forze orizzontali dovute al sisma sugli elementi verticali; in assenza di forti asimmetrie, il concetto di solaio rigido ha portato a concentrare l'attenzione sulle forze agenti nel piano della muratura piuttosto che sugli effetti ortogonali alle stesse.

[13] Pagano M., Teoria degli Edifici. Edifici in muratura, Liguori Editore, Napoli 1969
[14] Boscolo B.M, Costruzioni antisismiche in muratura ordinaria e armata, Hoepli, 2012.

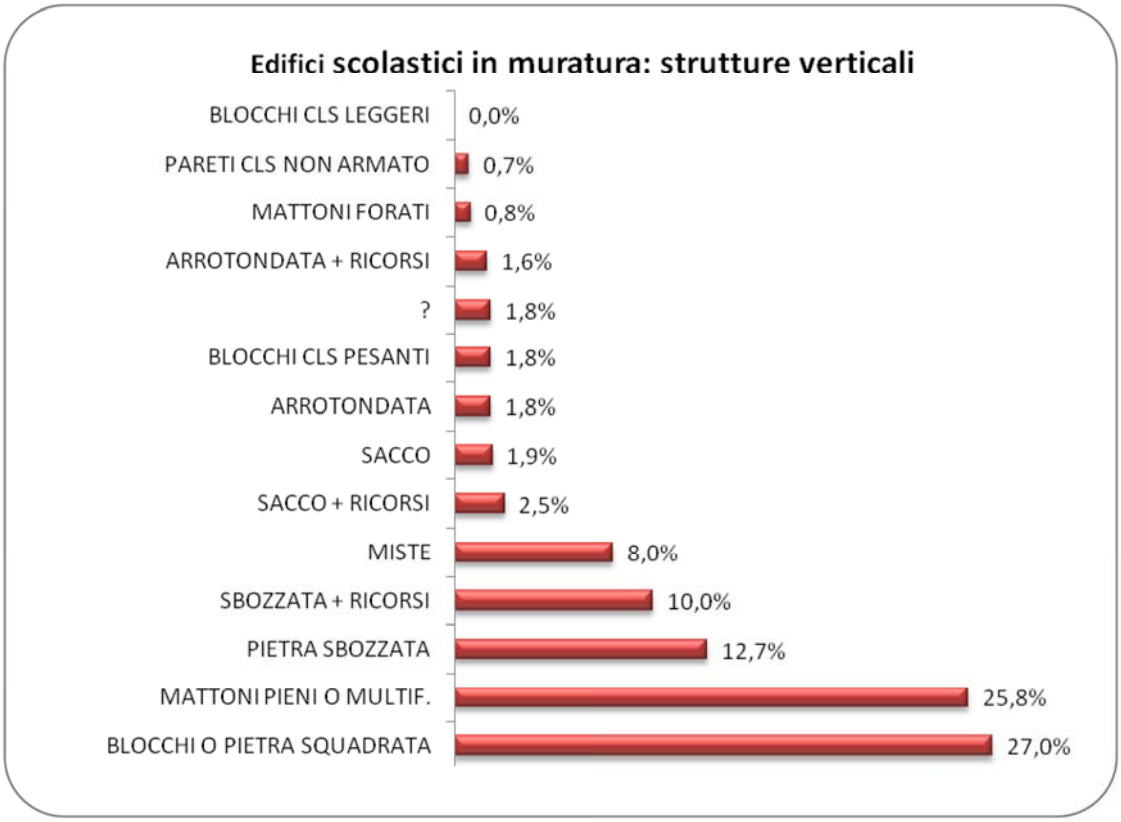


Fig. I.3.5 Tipologia delle strutture verticali per gli edifici in muratura (Fonte rielaborazione dati SAVE-Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani, 2002)

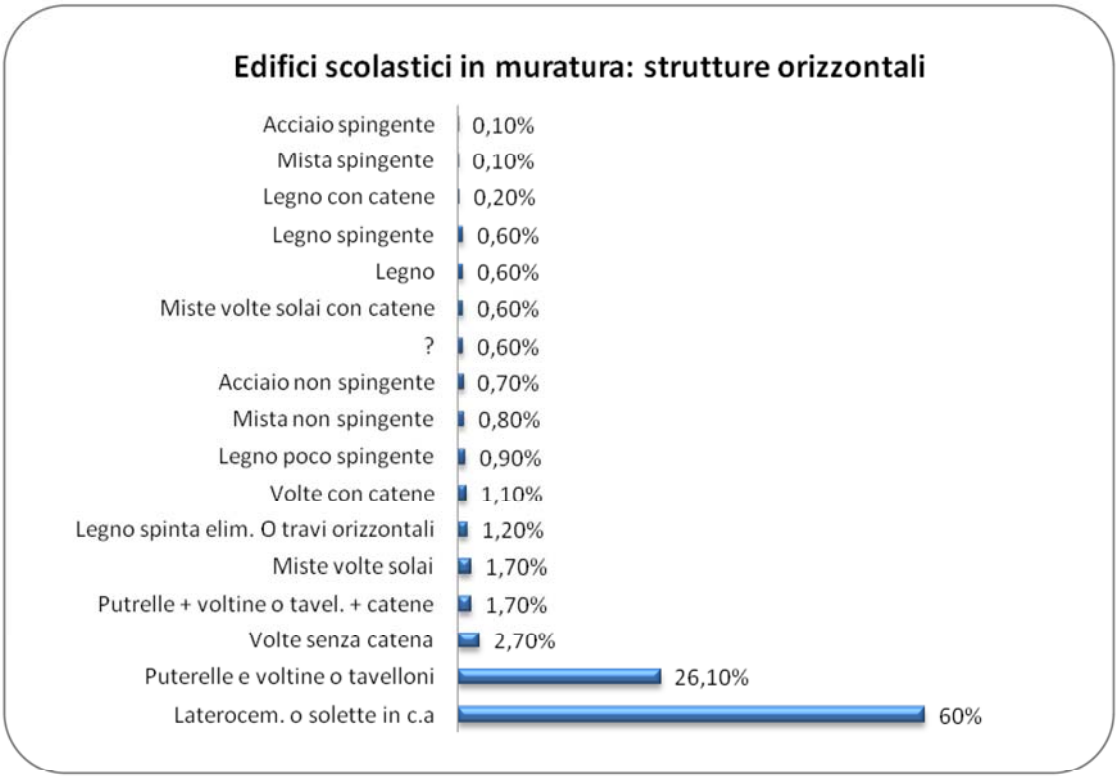


Fig. I.3.6 Tipologia delle strutture orizzontali per gli edifici in muratura (Fonte rielaborazione dati SAVE-Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani, 2002)

Lo stato di fatto degli edifici scolastici in Italia e le problematiche riscontrate in seguito agli eventi sismici, confermano le debolezze legate a queste tipologia edilizia. "Negli edifici (scolastici) in muratura, la struttura è spesso costituita da blocchi naturali di forma irregolare, legati con malta di cattiva qualità, così da ottenere una bassa resistenza del corpo murario. Per di più, le connessioni tra pareti murarie e solai di piano o di copertura non sempre sono capaci di garantire un buon comportamento globale dell'edificio"(Dolce, 2005) Gli eventi sismici hanno evidenziato inoltre, come spesso i solai in latero-cemento siano risultati inadeguati, sia in termini di rigidezza che di resistenza, per svolgere correttamente l'azione di ridistribuzione delle forze sismiche tra le strutture verticali.

Le principali carenze energetiche legate alla tipologia costruttiva della muratura devono essere valutate in relazione al periodo invernale, dal momento che gli edifici scolastici vengono fruiti prevalentemente nel periodo che va da Settembre a Giugno.
Le principali problematiche energetiche sono gli elevati valori di dispersione termica attraverso l'involucro opaco. Tali valori variano in base alle caratteristiche costruttive, alle dimensioni dei componenti e, nel caso della muratura in base alla qualità (% di malta, presenza di vuoti, ecc.). Spesso agli elevati valori di trasmittanza termica vengono associati infissi in legno con vetro singolo (originali che nel tempo non sono stati sostituiti) ed impianti termici obsoleti e poco efficienti.

In tabella (Tab. I.2.1) sono forniti i valori di trasmittanza termica delle principali tipologie murarie presenti sul territorio nazionale. Nello specifico si mettono in evidenza le tipologie murarie che sono state elencate come le più diffuse tra le costruzioni scolastiche.[15]

[15] I valori della trasmittanza termica sono ripresi dall'Abaco delle strutture murarie usate in Italia",2011, messo a punto dal Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente al fine di fornire indicazioni sulle principali strutture, costituenti l'involucro opaco, utilizzate negli edifici esistenti in relazione alla loro diffusione nazionale.

MURATURA IN MATTONI PIENI E INTONACO			
SPESSORI			TRASMITTANZA
Intonaco (cm)	Muratura (cm)	Intonaco (cm)	**U (w/m^{2}k)**
2	38	2	1.336
2	51	2	1.076
2	64	2	0.901
MURATURA IN MATTONI PIENI A TRE TESTE FACCIA A VISTA			
Intonaco (cm)	Muratura (cm)	Intonaco (cm)	**U (w/m^{2}k)**
1.5	38	1.390	1.390
1.5	51	1.111	1.111
1.5	64	0.926	0.926
MURATURA IN PIETRA SBOZZATA CON RICORSI			
Intonaco (cm)	Muratura (cm)	Intonaco (cm)	**U (w/m^{2}k)**
2	38	2	1.555
2	51	2	1.270
2	64	2	1.073
MURATURA IN PIETRA SQUADRATA			
Intonaco (cm)	Muratura (cm)	Intonaco (cm)	**U (w/m^{2}k)**
2	40	2	2.581
2	50	2	2.330
2	60	2	2.124
2	70	2	1.951
2	80	2	1.805
2	90	2	1.678
2	100	2	1.569
MURATURA IN BLOCCHI SQUADRATIDI TUFO			
Intonaco (cm)	Muratura (cm)	Intonaco (cm)	**U (w/m^{2}k)**
2	30	2	1.305
2	40	2	1.055
2	50	2	0.885
2	50	2	0.762
2	70	2	0.670

Tab. I.3.1 Valori di trasmittanza delle principali tipologie di murature presenti sul territorio italiano (Fonte: CTI)

Fig. I.3.7 Terremoto in Abruzzo (2009), Convitto Nazionale sede di un Liceo Classico. I crolli sono stati attribuiti alla scarsa qualità della muratura e delle volte, oltre che alla mancanza di catene idonee a contrastare le spinte orizzontali.

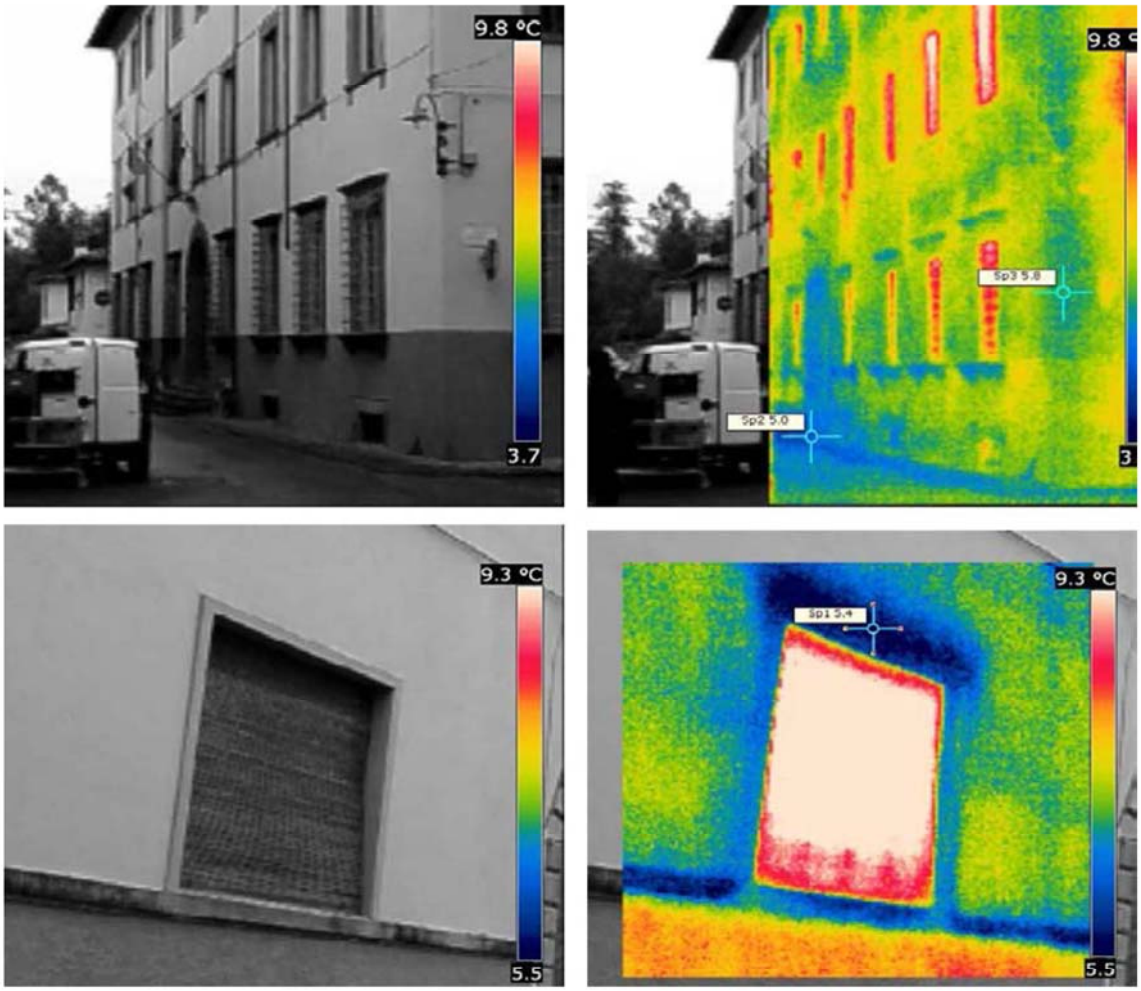


Fig. I.3.8 Istituto I.P.S.I.A G.Giorgi, Lucca. L'immagine termografica mostra il comportamento non uniforme della facciata e la presenza di ponti termici in corrispondenza del cassonetto e degli infissi.

I.3.3.2 Caratteristiche degli edifici in cemento armato

I principali sistemi costruttivi in cemento armato che caratterizzano gli edifici scolastici, sono classificabili in:

- strutture a pareti di calcestruzzo armato;
- strutture a telai in c.a. non tamponati;
- strutture a telai in c.a. con tamponature deboli;
- strutture a telai in c.a con tamponature consistenti.

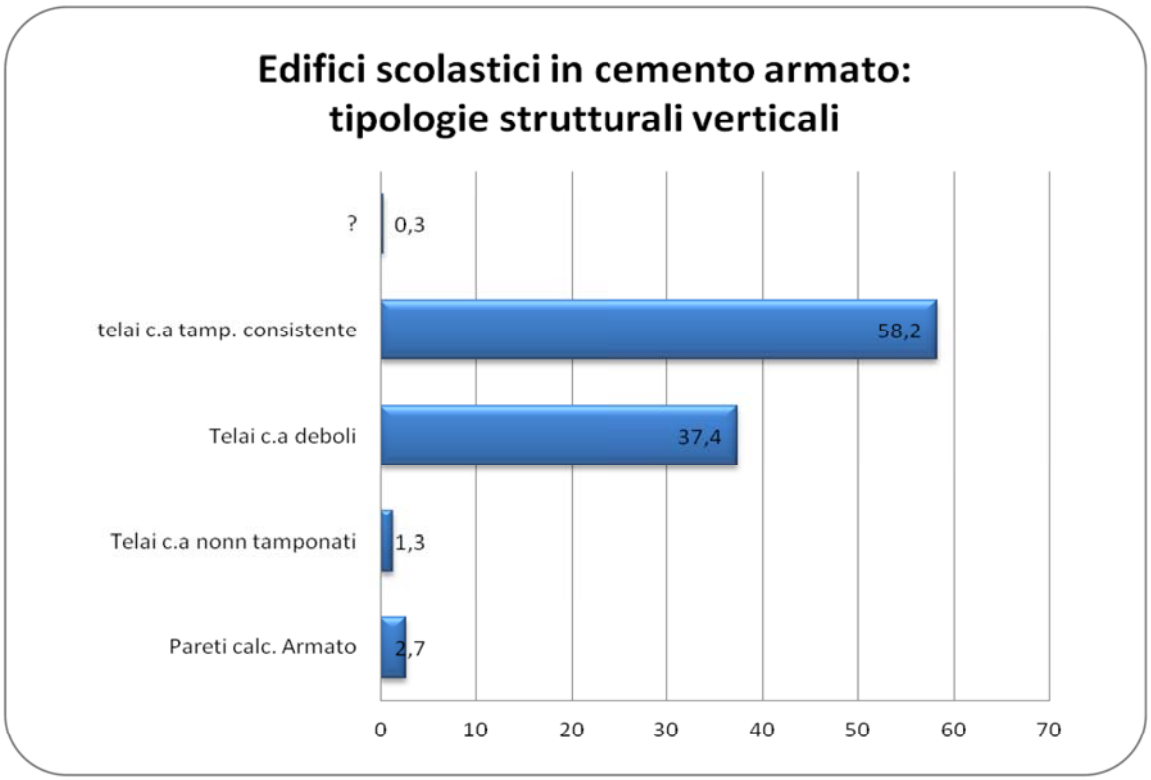


Fig. I.3.9 Tipologia delle strutture verticali per gli edifici in cemento armato (Fonte rielaborazione dati SAVE- Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani, 2002)

Le principali vulnerabilità sismiche associate alla tipologia costruttiva del cemento armato possono dipendere da numerosi fattori. In generale, le carenze che hanno maggiormente influenzato la risposta sismica degli edifici in cemento armato sono:

- inadeguata esecuzione dei particolari costruttivi;
- configurazione della struttura inadeguata all'articolazione dell'edificio;
- disposizione degli elementi non strutturali inadeguata alle caratteristiche della struttura (piano "soffice");
- presenza di telai in una sola direzione;
- presenza di travi "forti" e pilastri "deboli";
- presenza di pilastri tozzi;
- particolari costruttivi inadeguati: staffatura di pilastri e nodi, lunghezza di ancoraggio e sovrapposizione delle armature;
- insufficiente qualità del calcestruzzo, sia in termini di resistenza sia in termini di getto (ad es.: segregazione, giunti, effetto di capillarità);
- elementi non strutturali a rischio di collasso, anche solo locale.

Lo stato di fatto degli edifici scolastici e le vulnerabilità messe in luce dai recenti eventi sismici, confermano come le principali vulnerabilità degli edifici in cemento armato siano legate proprio alla bassa qualità esecutiva dell'opera, alla scarsa manutenzione operata nel tempo, alla presenza di piani "non tamponati", ed alla scarsa rigidezza dei solai.

Il calcestruzzo degli edifici realizzati prima del 1980 è risultato spesso di qualità inadeguata, con resistenza inferiore a quella di progetto. La corrosione delle barre di armatura e la caduta del copriferro di calcestruzzo sono alcune delle conseguenze della scarsa manutenzione delle strutture in c.a. "Insufficienti lunghezze di ancoraggio e di sovrapposizione nelle giunzioni delle armature sono difetti frequenti nelle vecchie strutture scolastiche in cemento armato. I solai degli anni '50 e '60 sono talvolta inadeguati, al pari degli edifici in muratura, sia in termini di rigidezza che di resistenza, per svolgere correttamente l'azione di ridistribuzione delle forze sismiche tra le strutture verticali. Anche i giunti di collegamento tra edifici contigui spesso sono risultati inadeguati"(Dolce, 2005).

Infine la presenza di piani non tamponati è causa di debolezze locali che, in presenza di azioni sismiche, determina il pericoloso fenomeno del "piano soffice". Le tipologie costruttive in cemento armato, dal punto di vista energetico, sono caratterizzate da valori di trasmittanza termica elevati dell'involucro, e bassa capacità termica. La principale problematica è legata alla formazione di ponti termici, proprio nelle zone di discontinuità tra il calcestruzzo strutturale e la muratura. I ponti termici favoriscono un aumento delle dispersione verso l'ambiente esterno determinando maggiore richiesta di energia all'impianto di riscaldamento, ma sono anche causa di formazioni di muffe e condensa, ovvero di un ambiente scolastico insalubre. La presenza dei ponti termici può anche triplicare la trasmissione di calore in una sezione dell'edificio, pur rappresentando solo una minima parte della superficie stessa.

Fig. I.3.10 Terremoto in Abruzzo, Casa dello studente, collasso del piano soffice.

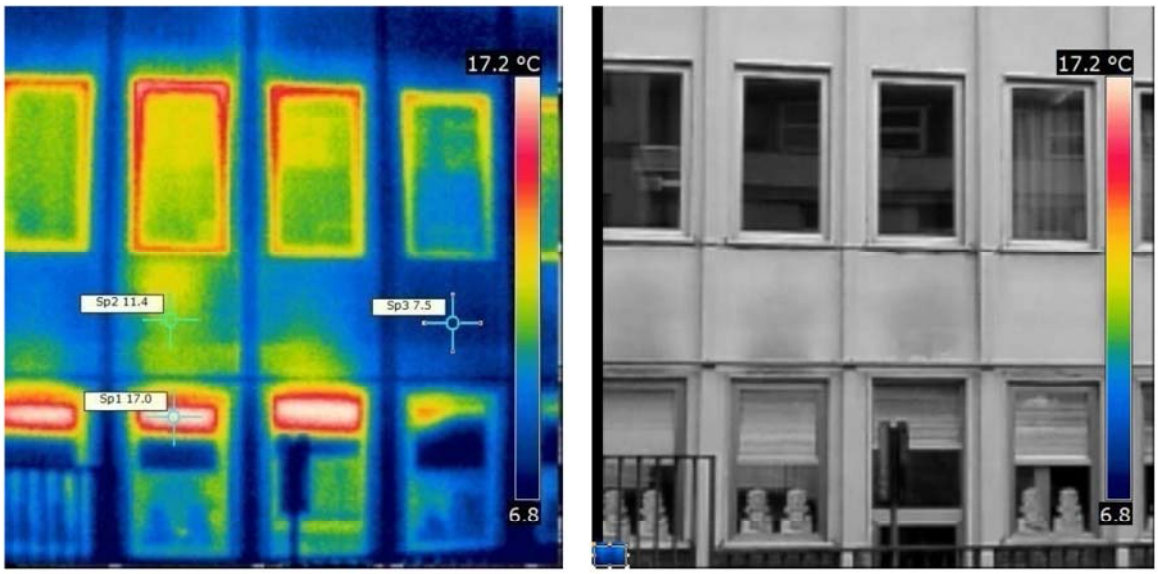


Fig. I.3.11 I.P.S.I.A."G.Giorgi", Lucca. L'immagine termografica si notano in maniera evidente le dispersioni di calore dovute al mancato isolamento del cassonetto.

I.3.4 Caratteristiche morfologiche

Gli edifici scolastici sono caratterizzati da diverse conformazioni formali, strettamente legate ai diversi modelli distributivi. La lettura delle caratteristiche morfologiche e dimensionali può aiutare nella individuazione di alcune vulnerabilità sismiche e inefficienze energetiche.

La tipologia scolastica più diffusa fino agli anni '70 è la tipologia "a corridoio" o "a caserma". Tali tipologie si sviluppano prevalentemente nel periodo post-unitario, "quando la scolarizzazione era il problema principale e la diminuzione dell'analfabetismo costituiva la condizione necessaria per la costruzione di uno stato democratico."[16] Prima di allora le scuole erano collocate in palazzi nobiliari o appartenenti ad ordini religiosi appositamente ristrutturati per ospitare la funzione scolastica. Dalla tipologia a palazzo si passa dunque alla tipologia "a corridoio",così denominata perché caratterizzato da una distribuzione lineare delle aule in pianta. Dal punto di vista

[16] Valeria L. L'idea di scuola: didattica e tipologia, http://w3.uniroma1.it/archiscuole/manuale_approfondimenti_II/lupoII.pdf

normativo, le prime disposizioni del 1881 regolavano prevalentemente lo spazio dell'aula, il tipo di illuminazione, di aerazione, il dimensionamento e la disposizione delle finestre; il numero e i requisiti indispensabili dei servizi igienici correlati.

A partire dagli anni Settanta, conseguentemente al dibattito disciplinare sull'edilizia scolastica sviluppatosi dal secondo dopoguerra, si diffonde in Italia una nuova tipologia scolastica legata essenzialmente ad un nuovo concetto del rapporto tra "aula" e "spazio di aggregazione".
Al centro del dibattito disciplinare vi è la visione dello spazio scolastico come luogo in cui si esplica, al di fuori delle ore della didattica, la vita associata dei cittadini, una sorta di centro di quartiere. Si passa quindi dalla "scuola a caserma" (schema a corridoio) all'"unità funzionale" (l'aggregato di aule distribuito senza corridoi né portici).

Da un punto di vista compositivo gli spazi scolastici sono articolati in più "unità funzionali", collegate fra loro mediante spazi, atri, passaggi e corridoi, a formare ogni volta diverse configurazioni formali, in cui lo spazio collettivo diventa il principale fulcro ed elemento generatore e caratterizzante del sistema. La sperimentazione di nuove tipologie scolastiche organizzate per unità funzionali è associata alla tecnica della prefabbricazione. La flessibilità diventa protagonista nella progettazione dei nuovi edifici scolastici, così come nella predisposizione delle nuove norme, influenzando inevitabilmente anche i criteri costruttivi: necessità di ampi spazi, possibilità di spostare le tramezzature, soffitti e pavimenti continui, ecc.

Dopo questo breve excursus è possibile individuare nel panorama nazionale due modelli distributivi principali: lo schema a "corridoio" e lo schema ad "unità funzionale". In particolare agli edifici scolastici in muratura è associato prevalentemente il modello distributivo "a corridoio", mentre agli edifici in cemento armato è associato il modello a "unità funzionale". Nello specifico, lo schema a corridoio è caratterizzato da aule disposte in successione, lungo una o più direttrici, ed i collegamenti tra le funzioni hanno prevalentemente uno sviluppo lineare. Lo schema ha generato numerose varianti a partire dalla disposizione degli spazi distributivi: i modelli più antichi sono caratterizzati dalla "distribuzione laterale" del corridoio, mentre nella prima metà del XX secolo si sono sviluppati gli schemi a corridoio centrale.

Altre configurazioni dello schema a corridoio sono legate a variazioni morfologiche per lo più in pianta, mantenendo invece una certa regolarità in alzato. In sintesi le principali configurazioni generate dallo schema a corridoio sono:

- scuola a blocco, con sviluppo longitudinale, caratterizzato da semplicità e regolarità morfologica. Le aule in genere si affacciavano sulla strada, mentre i corridoi sono disposti posteriormente.

- scuola a blocchi accorpati. La prerogativa di questa tipologia funzionale è quella di aver creato, mediante configurazione ad "L", a "C" ed a corte, la definizione di nuovi spazi collettivi, per lo sport ed il tempo libero.

- scuola a "gradoni". Nelle zone caratterizzate da un'orografia irregolare e differenze altimetriche, la tipologia a blocco si è evoluta in tipologia a "gradoni"

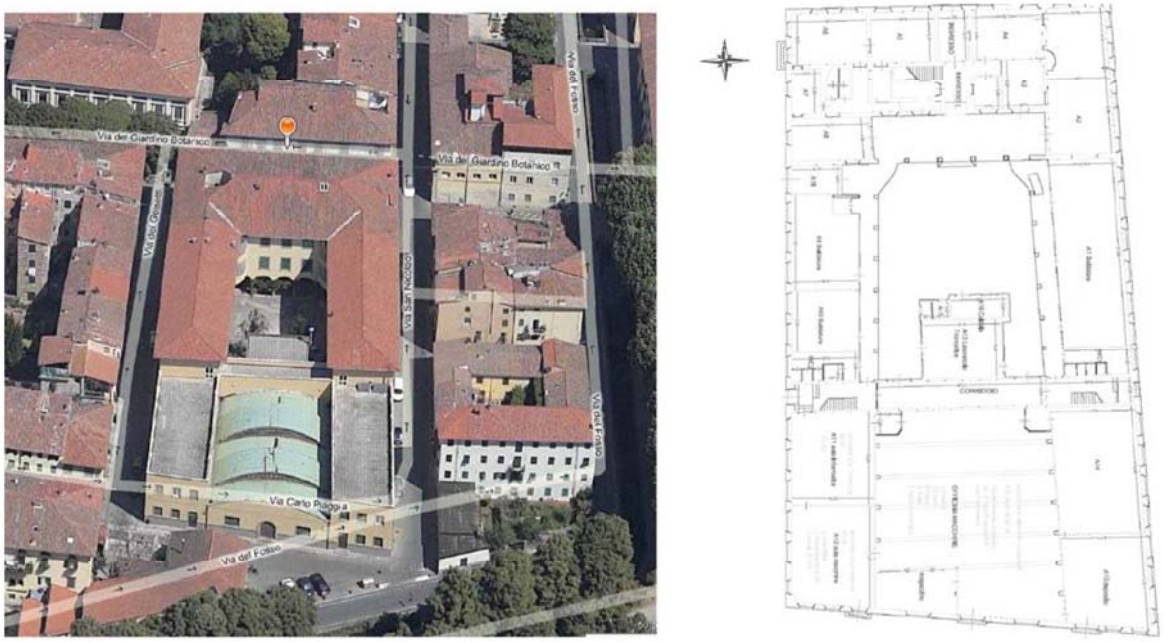


Fig. I.3.12 I.P.S.I.A., "G.Giorgi", Lucca. Schema distributivo "a corridoio" .

Nello schema distributivo a "unità funzionali" , la disposizione è caratterizzata da nuclei di base tra loro interconnessi, in grado di definire configurazioni sempre diverse.
Lo schema "a unità funzionale" ha generato diverse configurazioni quali:

- scuole a piastra, che raccoglie all'interno tutte le funzioni collegate alle attività scolastiche, sono in genere caratterizzate da ampie luci e dimensioni degli ambienti. Possono avere una o più corti interne.

- scuola estesa, che invece dilata i nuclei all'estero, nell'ottica di una crescita progressiva dell'organismo edilizio, in relazione alle nuove esigenze didattiche[17].
Alle due tipologie scolastiche prevalenti descritte sono associate specifiche problematiche relative alla forma ed alla conformazione degli spazi.

[17] Boarin P., op.cit. pp.75-76.

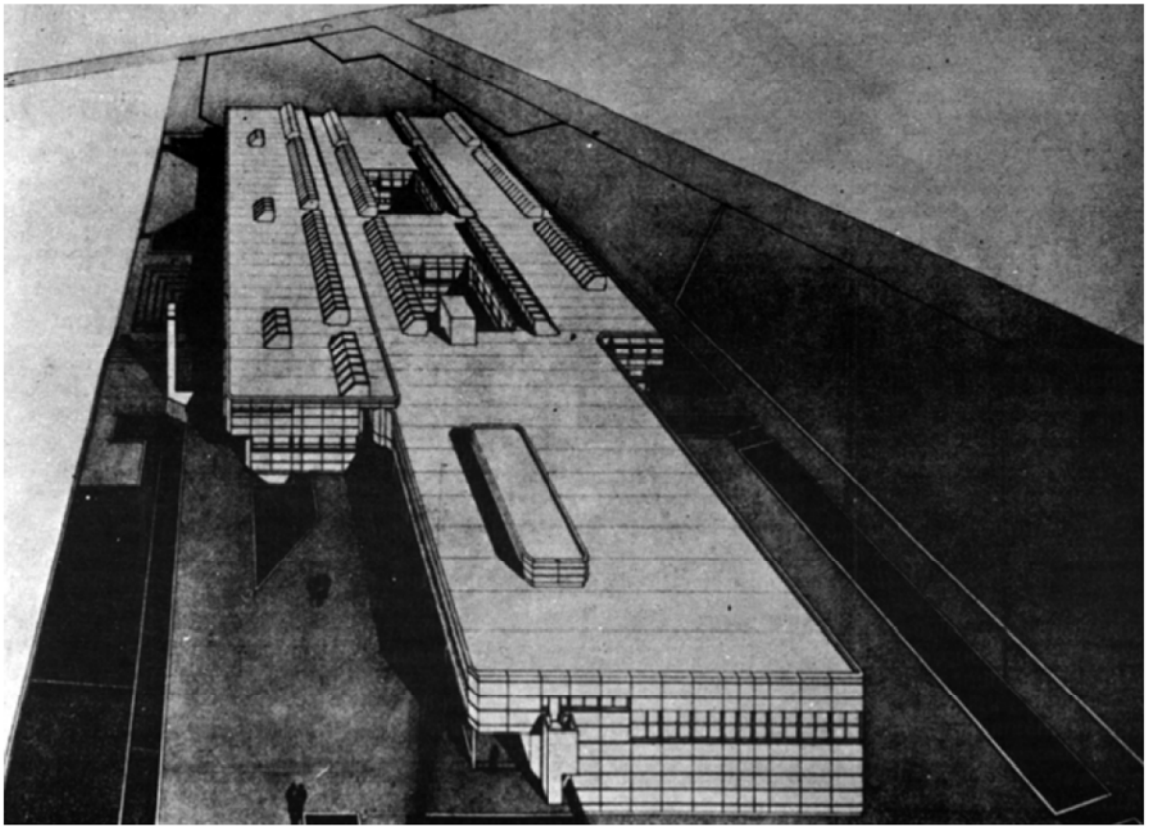


Fig. I.3.12 Esempio di edificio a piastra con vuoto interno: Luigi Pellegrin, progetto per un istituto tecnico per geometri, 1972 (fonte F.E. Leschiutta).

La lettura delle caratteristiche morfologiche consente di valutare alcuni potenziali comportamenti sismici ed energetici degli edifici scolastici. Una delle problematiche sismiche associate alle tipologie a corridoio ad esempio è la presenza proprio dei lunghi collegamenti che servono le aule, e che separano completamente la facciata dal resto della struttura muraria. In presenza di forze sismiche orizzontali, la carenza di ammorsamenti intermedi può causare il ribaltamento delle murature degli edifici. Ma la principale causa di vulnerabilità è da ricercarsi nella irregolarità di forma di alcune tipologie, che spesso si traduce in irregolarità strutturale, e che determina un comportamento molto sfavorevole delle prestazioni in caso di sisma, determinando concentrazioni di danno in alcune specifiche parti o in singoli piani, fino a causarne il collasso. L'irregolarità in pianta incide molto anche sulle dispersioni energetiche dell'involucro, dal momento che aumentano le superfici disperdenti, ovvero a contatto con l'esterno e quindi la formazione di ponti termici.

In alcune tipologie scolastiche (soprattutto nelle tipologie scolastiche a piastra), le diverse funzioni (aule, laboratori, palestra, teatro, aula magna) svolte in un unico edificio scolastico, determinano forme irregolari e/o molto articolate, sia in pianta che in elevazione.

"la peculiarità degli edifici scolastici, connesse alle funzioni svolte all'interno, influiscono in modo sfavorevole sul comportamento sismico. Gli edifici scolastici, infatti necessitano di ampie finestre, per illuminare le aule e le palestre, e di ampie porte, oltre che di aule grandi e prive di "ostacoli" strutturali (pilastri), e dunque di grandi luci strutturali. Se si guarda alle conseguenze prodotte dalle grandi luci e dalle grandi aperture nella configurazione degli edifici in muratura, si evidenzia immediatamente come i maschi murari resistenti siano generalmente molto snelli e con un'area resistente talvolta inadeguata rispetto ai pesanti carichi verticali che debbono sostenere contemporaneamente all'azione del terremoto.

Per gli edifici in c.a., le ampie aperture nelle tamponature possono dar luogo a irregolarità in pianta, e dunque ad effetti torsionali d'insieme, e in elevazione, e dunque al cosiddetto piano soffice, così da creare debolezze locali e domande di duttilità inammissibili. L'eccessiva altezza d'interpiano, spesso dettata dalla presenza della palestra e/o un'aula magna, aumenta la deformabilità della struttura e il pericolo di caduta dei pannelli di tamponatura sotto terremoti anche di bassa intensità" (Dolce, 2005).

Fig. I.3.13 Edificio Scolastico superiore, Barga, Lucca.

Di seguito si analizzano i fattori legati alla forma e alla conformazione degli spazi, individuando le possibili problematiche che incidono negativamente sullo stato degli edifici scolastici.
La forma edilizia rappresenta uno dei principali elementi di controllo delle prestazioni energetiche e strutturali degli edifici. I parametri da considerare nella valutazione della forma sono:

- la regolarità in pianta ed in alzato
- la compattezza
- le dimensioni;
- la presenza di aggetti, porticati e sporgenze.

I.3.4.1 Influenza della forma sul comportamento sismico

Gli edifici devono avere caratteristiche geometriche tali da evitare la concentrazione delle tensioni in alcuni punti o l'elevata domanda di duttilità che potrebbe causare un collasso prematuro.Una forma irregolare e poco compatta sia in pianta che in alzato si traduce in irregolarità strutturale che determina, in presenza di azioni sismiche, una concentrazione delle tensioni in specifici punti della costruzione, causandone il collasso. Gli aspetti che incidono sulla regolarità in pianta sono:

a) la simmetria rispetto alle due direzioni ortogonali;
b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione è inscritta

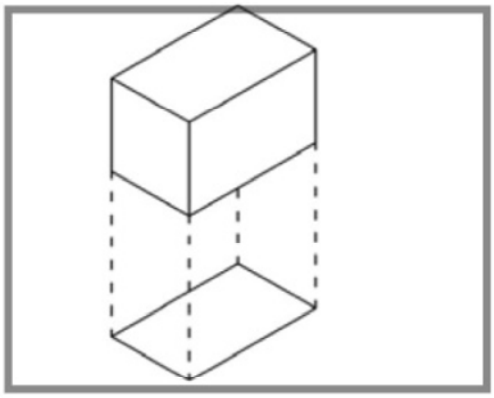
Gli aspetti che incidono sulla regolarità in alzato sono:

c) Variazioni di massa in alzato

Per quanto riguarda il primo punto, configurazioni irregolari in pianta determinano un aumento dei meccanismi torsionali, provocati dall'eccentricità tra il baricentro delle aree resistenti ed il centro geometrico dell'edificio. Oltre alla simmetria deve essere valutato anche il rapporto tra il

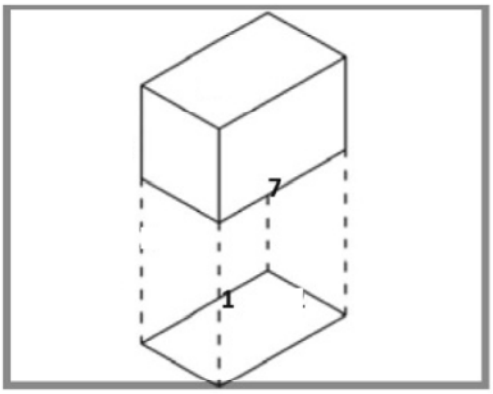
lato corto ed il lato lungo in pianta. Nel caso di edifici rettangolari è significativo il rapporto fra le dimensioni del lato minore e del lato maggiore che deve essere inferiore a 4. Per quanto riguarda la valutazione della vulnerabilità in alzato, questa è associata all'aumento significativo delle resistenze di piano passando da un livello a quello sovrastante. La massa e la rigidezza devono rimanere costanti dalla base alla sommità della costruzione; eventuali incrementi tra un piano e l'altro (Δm e Δk)[18] devono rispettare certi limiti. L'irregolarità in elevazione è significativa se la massa di piano varia di più del 30% da un piano all'altro.

EDIFICI CON DISTRIBUZIONE DELLE MASSE O DEGLI ELEMENTI RESISTENTI UNIFORME SU TUTTO L'ALTEZZA



COMPORTAMENTO SISMICO

La configurazione geometrica favorisce un buon comportamento sismico dell'edificio.



COMPORTAMENTO ENERGETICO

(INVERNO)

La configurazione geometrica favorisce il contenimento del calore accumulato.

Sia per gli edifici in muratura che in cemento armato, un'altra causa di irregolarità è costituita dalla presenza di porticati, loggiati e altane. I porticati possono essere costituiti in aderenza alle pareti perimetrali o corrispondere ad una percentuale di superficie in pianta. In questo secondo caso la vulnerabilità può essere trascurata. La presenza di porticati è segnalata come rapporto percentuale fra superficie in pianta di porticato (pilotis) e superficie totale del piano. Edifici in muratura con porticati o loggiati che interessano più del 20% dell'area totale del piano sono da considerarsi vulnerabili. Nel caso di edifici con tipologia costruttiva in cemento armato, la presenza dei porticati ottenuti eliminando le strutture di tamponamento al piano terra determinano il fenomeno del "piano soffice". L'assenza di tamponature provoca un salto brusco di rigidezza da piano a piano con la realizzazione di una zona di debolezza strutturale. Anche la presenza di appendici e sporgenze incidono sulla regolarità in pianta. E' necessario che il rapporto tra la sporgenza e la lunghezza complessiva dell'edificio sia > 0,2.

I.3.4.2 Influenza della forma sul comportamento energetico

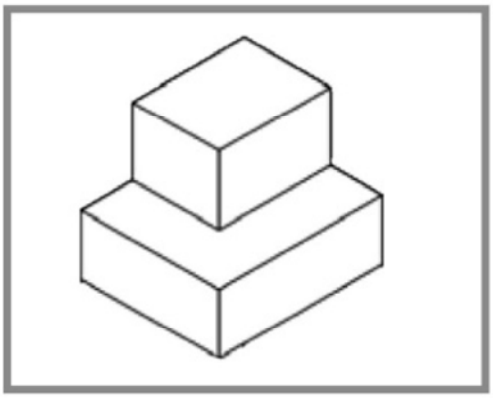
Negli edifici scolastici, la forma deve principalmente garantire il contenimento delle dispersioni termiche ed il comfort ambientale. La compattezza volumetrica di un edificio e la regolarità in pianta possono incidere notevolmente sul contenimento dei consumi energetici, determinando anche un maggior comfort degli ambienti. La compattezza è un aspetto che caratterizza la

[18] Regione Toscana, 2003. Direzione Generale delle Politiche Territoriali ed Ambientali, Manuale per la compilazione della Scheda GNDT/CNR di II livello, Versione modificata dalla versione toscana.

composizione volumetrica dell'edificio e che indica il grado di concentrazione del suo volume. Ad una maggiore compattezza dell'edificio corrisponde una minore superficie dell'involucro. La compattezza è espressa mediante un fattore di forma, parametro che mette in relazione due caratteristiche geometriche: la superficie esterna ed il volume in esso racchiuso. Il rapporto tra questi parametri esprime l'attitudine di un corpo a disperdere il calore contenuto al suo interno. Maggiori sono le superfici esposte in relazione al volume, maggiore sarà la dispersione termica specifica. Inoltre aumentando le superfici disperdenti, aumentano anche i "ponti termici per forma". Per ponti termici si intendono quelle zone, limitate in termine di superficie, dove si verificano variazioni di forma. In queste zone vi è un incremento del valore dei flussi termici e una variazione delle temperature superficiali interne, con conseguente aumento della quantità di calore disperso attraverso le pareti.

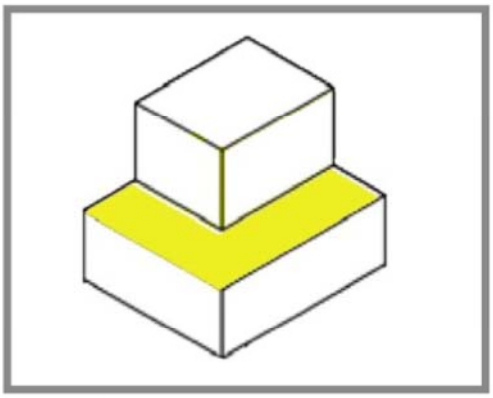
La presenza dei ponti termici può anche triplicare la trasmissione di calore in una sezione dell'edificio, pur rappresentando solo una minima parte della superficie stessa. Alla bassa temperatura superficiale è spesso associato il fenomeno della condensa, accompagnata dalla comparsa di muffa.I porticati e le logge, nel caso di edifici scolastici ed in clima mediterraneo, rappresentano sicuramente degli elementi architettonici qualificanti. Un porticato, oltre ad integrarsi con gli spazi esterni finalizzati al gioco o al tempo libero, consente una regolazione climatica in quanto permette alla radiazione solare di penetrare all'interno dell'edificio scolastico nel periodo invernale quando il sole è basso sull'orizzonte e viceversa ne impedisce l'ingresso nel periodo estivo con sole alto sull'orizzonte risolvendo parzialmente il problema del surriscaldamento.

EDIFICI CON ARRETRAMENTI COMPORTANTI RIDUZIONE DELL'AREA DI PIANO MAGGIORI DI 20%



COMPORTAMENTO SISMICO

La configurazione geometrica poco compatta può determinare, in presenza di azioni sismiche, una concentrazione delle tensioni in specifici punti della costruzione, causandone il collasso. Tuttavia la riduzione della massa in alzato, può essere considerato un fattore positivo ai fini della resistenza al sisma.

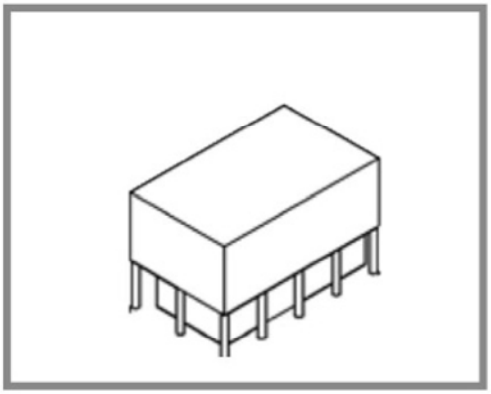


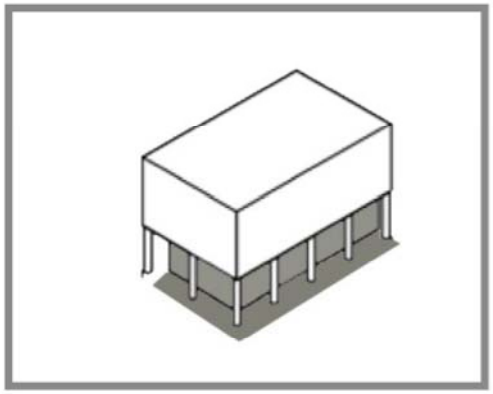
COMPORTAMENTO ENERGETICO

(INVERNO)

La configurazione geometrica poco compatta determina, un incremento delle dispersioni termiche, dovute ad un maggior numero di superfici che scambiano calore verso l'ambiente esterno e alla presenza di ponti termici. Questi ultimi incidono negativamente anche sul comfort ambientale.

EDIFICI CON PORTICATO O LOGGIATI CHE INTERESSANO PIU DEL 20% DELL'AREA





COMPORTAMENTO SISMICO

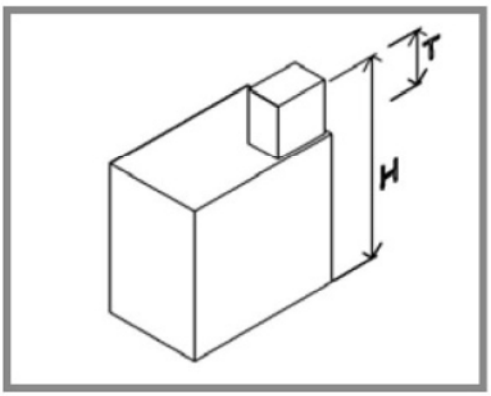
La configurazione geometrica non favorisce un buon comportamento dell'edificio in caso di sisma.

COMPORTAMENTO ENERGETICO

La configurazione geometrica favorisce la regolazione dei flussi termici soprattutto nel periodo estivo evitando il surriscaldamento.

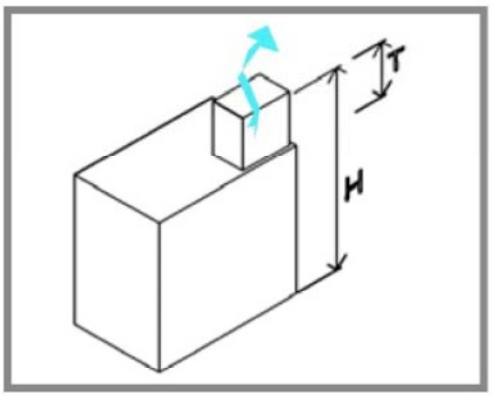
Fig. I.3.14 Problematiche relative agli elementi "non strutturali", camino snello in una direzione, in muratura, e danneggiato. (Fonte: Linee Guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole, Consiglio Superiore dei lavori Pubblici, 2009.

EDIFICI CON TORRI DI ALTEZZA SUPERIORE AL 40% DELL'ALTEZZA TOTALE DELL'EDIFICIO



VALUTAZIONE STRUTTURALE

La configurazione geometrica non favorisce un buon comportamento dell'edificio in caso di sisma, dal momento che la presenza della torre determina un incremento di massa.



COMPORTAMENTO ENERGETICO

(ESTATE)

La presenza della torre favorisce l' "effetto camino", evitando stratificazioni d'aria calda nella parte alta degli ambienti.

Bibliografia

Antonini, E., Boeri, A., *Progettare scuole sostenibili*, Monfalcone, Edicom, 2011.

Boarin, P, *Edilizia scolastica.Riqualificazione energetica e ambientale*, Monfalcone, Edicom, 2010.

Bologna, G.; *Manuale della sostenibilità. Idee, concetti, nuove discipline*; Edizioni Ambiente; 2005.

Boscolo B.M, *Costruzioni antisismiche in muratura ordinaria e armata*, Hoepli, 2012.

Calice, C., Clemente, C., de Santoli, L., Fraticelli, F. *Guidelines for the retrofit of the City VII - Urban Regeneration and Sustainability* WITPress, 2012.

Clemente, C. , *Rules, language and energy*, in: Clemente C, De Matteis F. (a cura di), 2010.

de Santoli, L. *La gestione energetica degli edifici*, Palermo, Flaccovio, 2010.

de Santoli, L., Fraticelli, F., Fornari, F. *Planning the integration of new technologies for sustainability. Case Study of a building's restoration project in Rome in ECO-ARCHITECTURE III Harmonization of architecture and nature*, WIT Press, 2010.

Grecchi M., Meleghetti L., *Ripensare il costruito. Il progetto di recupero e di rifunzionalizzazione, e degli edifici,* Maggioli, Sant'Arcangelo di Romagna, 2008.

Gulli R. , *Strutttuta e costruzione*, Firenze university press, 2007

Henkel F., Holl D., Schalk M., *Seismic Desing and Drywalling*, Knauf Gips KG, 2008

Dolce, A. Martinelli (A cura di), *Inventario e vulnerabilità degli edifici pubblici e strategici dell'Italia centro-meridionale*, Vol. II - Analisi di vulnerabilità e rischio sismico, INGV/GNDT-Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia/Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, L'Aquila, 2005.

Tedesco, S., *Riqualificazione energetico ambientale del costruito. Edifici scolastici*, Firenze, Alinea, 2010

Paris, S. 2010. "Sostenibilità, tecnologia e qualità dell'architettura. Il mediterraneo" in Bagnato,

Paris, V., , S. 2010. *Architettura e Tecnologia*. Lectures, RDesign Press, Roma, pag. 54-65

Giuffrè A., *Letture sulla Meccanica delle Murature Storiche*, Roma, Kappa, 1998

Lannutti, C.,. *Controllo della qualità tecnico prestazionale del componente edilizio*, Roma, 2001

Leschiutta F. E., Nuova architettura per la scuola, Roma, Armando Editore, 1983, pp.144-145.

Leschiutta F. E. *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende-norme-tipi. 1949-1985*, Roma, Bulzoni Editore, 1985, pp.154-155

Merlo R., Falsetti F., *L'edilizia scolastica*, Roma, NIS- la Nuova Italia Scientifica, 1994,pp-249-250.

Parducci Alberto, Mezzi M., Configurazione strutturale per l'ottimizzazione delle prestazioni dei sistemi innovativi di protezione sismica, http://www.reluis.it/doc/pdf/Pubblicazioni/E1-L7_Configurazioni.pdf, rilevato 13-02-2014.

Rogora A., *La progettazione preliminare dell'edificio*, http://www.sistemieditoriali.it/catalogo/vse_as13.pdf, rilevato 2-02-2014;

Siola U., *Tipologia e architettura della scuola*, Napoli, ESI, 1966.

Sole M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS- La Nuova Italia Scientifica, 1955, p 340-350.

Tafuri M., *Teorie e storia dell'Architettura*, Bari, 1976.

Sitografia

CTI - Comitato termotecnico Italiano, http://www.cti2000.it/

Legambiente www.legambiente.com

Legambiente - divisione scuola e formazione www.legambientescuolaformazione.it

Uni - Ente Nazionale Italiano di Unificazone, www.uni.com

Wikipedia, www.wikipedia.it

ReLUIS , http://www.reluis.it/

Tafter Journal, http://www.tafterjournal.it/

Protezione Civile www.protezionecivile.gov.it

PEER, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley http://peer.berkeley.edu/

OECD The Organization for Economic Co-operation and Development seismic safety in Italian schools http://www.oecd.org/edu/innovation-education/33629104.pdf

Earthquake Engineering research Institute, www.eeri.org/seismic-safety-of-schools/

UN Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) http://www.preventionweb.net/

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Unesco http://www.unesco.org/