



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati

Marco Citterio





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di
modelli di calcolo semplificati

Marco Citterio

ANALISI STATISTICA SUL PARCO EDILIZIO NON RESIDENZIALE E SVILUPPO DI MODELLI DI CALCOLO SEMPLIFICATI

Marco Citterio (ENEA)

Maggio 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: 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

Responsabile Tema: Marco Citterio, ENEA

1 Introduzione

In questo documento sono riportati i principali risultati ottenuti nel corso della prima annualità dell'Accordo di Programma ENEA-MSE, relativamente all'obiettivo di realizzare una indagine statistica del parco edilizio non residenziale in Italia.

La conoscenza della consistenza e delle caratteristiche energetiche del parco edilizio nazionale per usi non residenziali (NR) è, allo stato attuale, molto incerta. Connotato da una composizione (edilizia, impiantistica e di destinazione d'uso) molto eterogenea, questo settore attualmente presenta una scarsità di dati sulla consistenza e qualità del parco immobiliare e molte lacune sulla conoscenza degli aspetti gestionali e manutentivi.

Anche dopo l'ultimo censimento nazionale del 2001, prodotto dall'ISTAT, i dati a disposizione, relativi al settore non residenziale, sono molto scarsi. Da considerare che, anche presso i soggetti principalmente coinvolti, quali associazioni di categoria, istituti di ricerca, pubbliche amministrazioni e Organi Centrali ecc., spesso si ottengono dei dati socio-economico-produttivi, che, pur se indicativi sugli andamenti del mercato o dei fenomeni di sviluppo, mal si prestano alla definizione di un panorama conoscitivo del parco edilizio finalizzato all'efficienza energetica. Non risulta, al momento ad esempio, che si possa disporre di un quadro che possa determinare con una certa precisione il numero di edifici del non residenziale per categoria d'uso. Fanno eccezione alcune destinazioni d'uso per le quali è stata fatta un'indagine conoscitiva per motivi specifici, relativi alla sicurezza, come nel caso delle scuole, o di particolari situazioni di settore, come gli istituti di credito. Il problema investe sia il privato che il pubblico.

Stante la complessità del settore e la già menzionata assoluta mancanza di dati, si è deciso di cominciare ad analizzare i settori NR che sembrano essere maggiormente rappresentativi: il settore Direzionale (Uffici) e quello alberghiero.

Per quanto riguarda il settore "Uffici" è stata svolta una indagine in collaborazione tra CRESME (Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio) ed ENEA, volta a stabilire sia la consistenza numerica che le caratteristiche tipologiche ed impiantistiche degli edifici completamente dedicati ad uso ufficio. Tale indagine consente finalmente di elaborare le caratteristiche dell'edificio tipo, differenziato per area geografica e per periodo di costruzione, oltre che per caratteristiche impiantistiche, e permette il proseguimento della attività di individuazione dei benchmark di consumo energetico degli edifici Non residenziali, prevista per le successive annualità dell'AdP.

L'indagine è stata anche in grado di evidenziare le caratteristiche degli edifici "direzionali" pubblici, il che ha consentito di sviluppare uno specifico studio sul potenziale di efficientamento di questa tipologia di edifici e sui costi che questo intervento di efficientamento potrebbe comportare.

Nell'ambito di questo obiettivo si è anche provveduto, a cura del dipartimento BEST del Politecnico di Milano, a realizzare una indagine sui diversi metodi applicati per la implementazione della EBPD in vari paesi europei e dei modelli di calcolo utilizzati. È stata inoltre realizzata una comparazione con quanto disponibile in Italia (UNI 11300) su un set di casi di riferimento.

2 Caratterizzazione del parco immobiliare ad uso ufficio

Il maggior numero delle unità locali adibite ad uso ufficio occupa superfici in immobili ad uso promiscuo, in maggior parte edifici realizzati per un utilizzo residenziale. Secondo L'Agenzia del Territorio (Catasto) le unità immobiliari di categoria A10 (ufficio) ammontano complessivamente a 568.577 unità. Di queste, secondo l'indagine campionaria effettuata dal Cresme, il 30,5% occupa spazi interni a 64.911 edifici interamente o prevalentemente adibiti ad uso ufficio.

2.1 Le quantità: 64.911 edifici ad uso ufficio

Nel 2008 sono esistenti sul territorio nazionale 64.911 edifici ad esclusivo o prevalente uso ufficio. Il 30% di tali edifici è concentrato nelle prime 12 province (le prime tre sono Milano, Roma e

Torino). Il 50% si distribuisce nelle prime 26 province. Inoltre, oltre la metà (53%) è realizzato nei comuni di piccola e medio-piccola dimensione demografica (fino a 20mila abitanti).

Negli ultimi 7 anni, il flusso medio di edifici di nuova realizzazione è stato di 860 fabbricati, pari a circa l'1,3% dell'esistente. I fabbricati per uffici utilizzati dalle Amministrazioni Pubbliche sono 13.581, pari al 20,9% del totale stock.

Un edificio su cinque è stato realizzato in epoca anteriore al 1919, gli ultimi vent'anni registrano un aumento delle realizzazioni rispetto ai periodi precedenti con un aumento della volumetria media (Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009).

	Numero	%
prima del 1919	13.048	20,1%
Dal 1920 al 1945	5.911	9,1%
Dal 1946 al 1961	7.208	11,1%
Dal 1962 al 1971	7.888	12,2%
Dal 1972 al 1981	7.082	10,9%
Dal 1982 al 1991	7.776	12,0%
Dal 1992 al 2001	9.979	15,4%
Dal 2002 al 2008	6.018	9,3%
TOTALE	64.911	100,0%

Tab. 1 - Numero edifici uso ufficio per epoca di costruzione

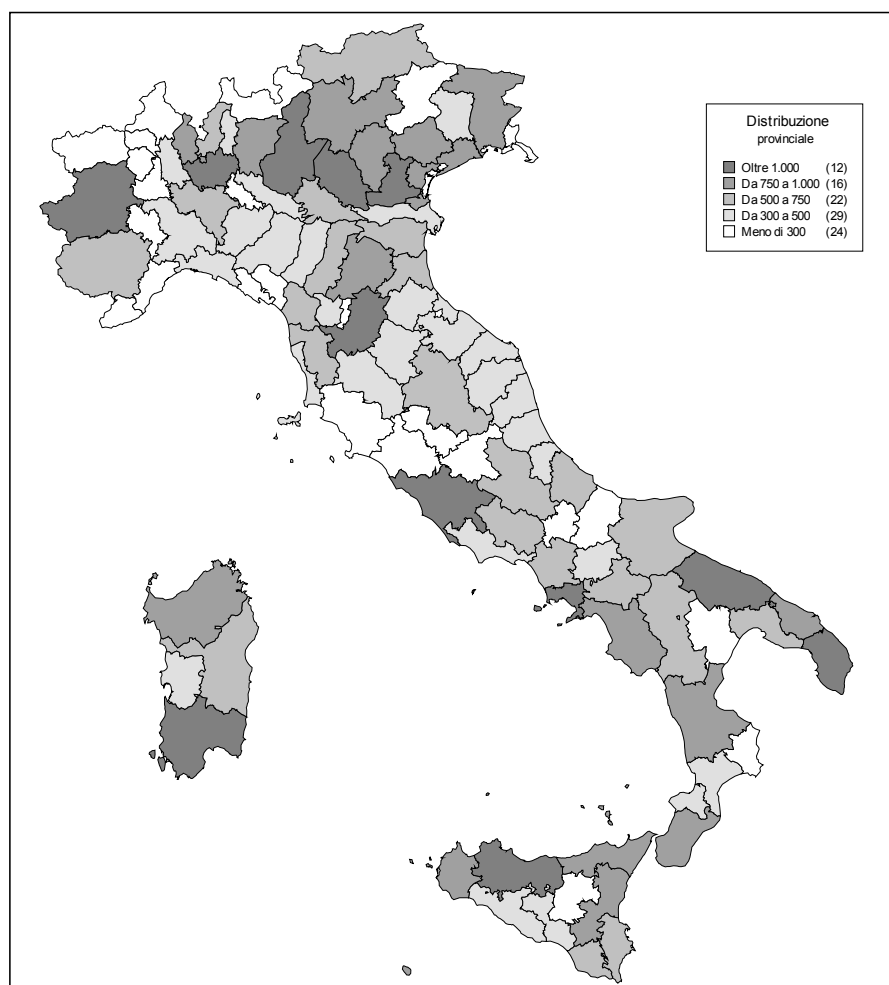


Fig. 1 - Distribuzione provinciale degli edifici

Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009

La provincia con il maggior numero di edifici è Milano (4.274 immobili) seguita da Roma (2.607), Torino e Lecce (poco oltre i 2.000), Napoli (1.234). Seguono poi Bari, Palermo, Firenze e Cagliari. Ad eccezione di Lecce, quindi, le provincie con il maggior numero di fabbricati direzionali sono quelle dove risiede il capoluogo di Regione. A seguire quei territori in cui l'attività economico-produttiva è maggiormente capillarizzata e sviluppata: Padova, Brescia, Verona, ecc.

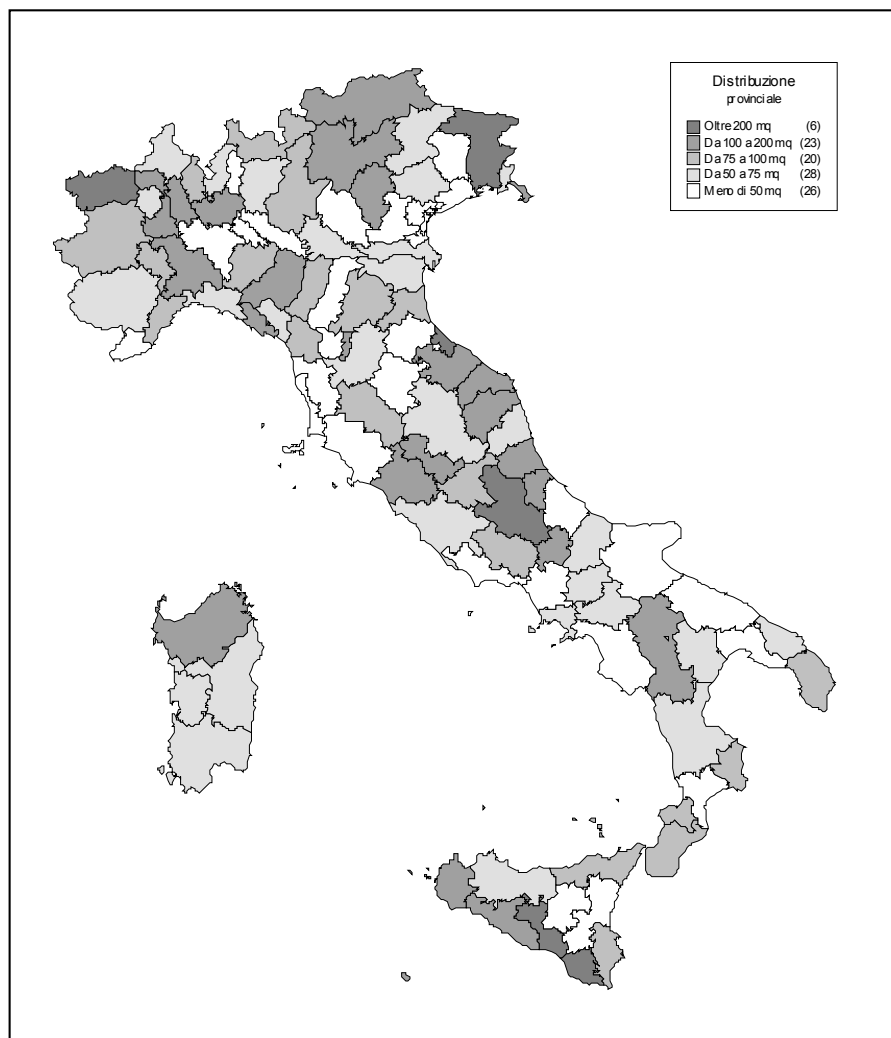


Fig. 2 - Superficie complessiva degli edifici – rapporto con la popolazione residente (mq edifici/100 abitanti) - Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009

In rapporto agli abitanti la ripartizione si modifica: al primo posto in termini di concentrazione è Rimini con quasi 400 mq di uffici ogni 100 abitanti. A seguire Ragusa (393 mq), Caltanissetta (293 mq), Udine (228 mq), L'Aquila e Aosta.

2.2 Le caratteristiche dimensionali e strutturali degli edifici

I 64.911 edifici sviluppano una superficie complessiva di 56,7 milioni di mc e una volumetria pari a quasi 200 milioni. La quota maggiore di fabbricati è di piccole dimensioni: il 50,6% non supera i 350 mq. Tuttavia il 32% delle superfici e delle volumetrie (ca. 62 milioni di mc) sono espresse da poco meno di 1.200 edifici di grande dimensione (oltre 5.000 mq). Questi ultimi sono prevalentemente concentrati nelle regioni settentrionali del Paese.

	n° edifici	superficie media (mq)	superficie totale (mq)	volume totale (mc)
Meno di 100 mq	5.951	59	351.449	1.230.071
Da 100 a 200 mq	15.085	151	2.279.043	7.976.652
Da 201 a 350 mq	11.795	275	3.243.080	11.350.781
Da 351 a 500 mq	8.171	425	3.469.790	12.144.264
Da 501 a 750 mq	8.265	630	5.202.988	18.210.457
Da 751 a 1.000 mq	4.486	884	3.967.126	13.884.941
Da 1.000 a 3.000 mq	8.561	1.725	14.765.460	51.679.110
Da 3.000 a 5.000 mq	1.416	4.010	5.677.329	19.870.650
Oltre 5.000 mq	1.180	15.015	17.718.468	62.014.637
TOTALE	64.911	873,1	56.674.733	198.361.564

tab. 2 - Edifici, superfici e volume per classi d'ampiezza dell'edificio
Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009

Il 16% degli edifici presenta delle parti non utilizzate, mentre l'1,3% (ca. 850 fabbricati) è in fase di ristrutturazione. Solo il 46% è completamente isolato sui quattro lati, il 36,5% è contiguo su due o più lati con altri fabbricati.

La grande maggioranza (85%) degli immobili è realizzato con la struttura in cemento armato e tamponature in muratura; il 5,5% è realizzato con struttura in c.a. e superfici vetrate. Il 59% si sviluppa su uno o due piani e solo il 23% ha piani interrati. Il numero medio di vani scala è di 1,4 per l'84% degli edifici che hanno il vano scala interno. Il 30% ha il piano terra aperto (pilotis).

2.2.1 I serramenti e gli elementi ombreggianti

Ogni stanza di tali fabbricati ha mediamente una o due finestre (rispettivamente il 43% e il 40%) . Il 9% ne ha tre e l'8% ne ha più di tre. Il telaio è prevalentemente in alluminio (47,8%) seguito dal legno (39,2%), dall'acciaio (8,6%) e dal pvc (4,4%). Il 61% delle finestre montano il doppio vetro, il 5,3% il triplo vetro. Il 79% delle finestre ha un'altezza compresa fra 1 e 2 metri; della stessa dimensione la larghezza per il 71% delle finestre. La maggior parte di tali fori finestra servono stanze con superfici unitarie comprese fra 10 e 25 mq.

Per quanto riguarda i sistemi ombreggianti, solo il 3,3% possiede aggetti esterni fissi e/o mobili; il 50% è dotato di schermi esterni (persiane, avvolgibili) e il 39% di schermi interni (tende, veneziane) il 20% non utilizza alcun sistema.

	fino al 12%	dal 12 al 20%	dal 20 al 30%	oltre 30%	totale
Meno di 10 mq	113	270	66	376	826
Da 10 a 15 mq	5.287	5.234	2.104	2.957	15.582
Da 16 a 20 mq	13.746	2.248	3.959	4.699	24.652
Da 21 a 25 mq	5.272	1.280	737	418	7.708
Da 26 a 30 mq	4.171	1.097	1.483	618	7.369
Oltre 30 mq	7.095	1.222	123	334	8.774
TOTALE	35.685	11.351	8.473	9.402	64.911
% orizzontale	55,0%	17,5%	13,1%	14,5%	100,0%

tab. 3 - Distribuzione degli edifici articolati in base al rapporto % fra superfici trasparenti e superficie media delle stanze.

Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009

2.3 Gli impianti

Il combustibile maggiormente impiegato è il gas (56%) seguito dall'elettricità (20%) e dal gasolio (13%). I tubi del circuito di distribuzione sono prevalentemente in traccia (89%).

	Zone climatiche					Totale
	A e B	C	D	E	F	
Gas	22,0	33,4	59,1	69,1	43,9	55,8
Gasolio	3,7	15,9	13,1	10,9	41,3	13,0
Elettrico	44,3	33,1	19,0	13,0	5,1	20,1
Biomassa	0,0	0,7	1,0	1,3	2,3	1,1
Carbone	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Altro	28,8	13,4	5,1	2,0	6,8	6,8
Non risponde	1,2	3,5	2,8	3,7	0,6	3,2
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

tab. 4 - Distribuzione degli edifici per tipo di combustibile e zona climatica.

Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009

Il sistema di emissione dell'aria più adoperato è costituito da radiatori (48%) seguito dal fan-coil (22,6%) e dai termoconvettori (19,5%).

Il 42% degli edifici possiede un sistema di regolazione della temperatura per ogni stanza, il 33,6% ne dispone uno per ogni piano.

Nel 69% degli edifici è presente un sistema di climatizzazione, la maggior quota di questi (66,4%) dispone di un sistema fisso (split) mentre il 29% utilizza la pompa di calore. Infine, solo il 4% impiega fonti di energia rinnovabili, in quasi egual misura il solare termico ed il fotovoltaico.

	Zone climatiche					Totale
	A e B	C	D	E	F	
presente	80,3	78,4	66,9	68,3	18,3	69,2
assente	19,7	21,1	32,4	30,3	77,6	29,7
non sa	0,0	0,5	0,7	1,4	4,2	1,1
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
18a. Quale?						
Condizionatore fisso (split)	56,2	60,1	66,6	70,8	80,6	66,4
Condizionatore mobile (pinguino)	0,0	1,5	3,0	2,1	9,8	2,1
Caldaia	3,1	2,4	4,6	4,1	6,4	3,8
Pompa di calore	42,3	38,2	27,1	23,6	3,2	28,9
Cogeneratore	0,0	0,0	0,5	0,7	0,0	0,4
HVAC	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,2
UTA	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,2
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

tab. 5 - Distribuzione degli edifici per presenza e tipologia dell'impianto di condizionamento

Fonte: Elaborazioni Cresme per ENEA – 2009

2.4 Le aree geografiche e gli edifici tipo

2.4.1 Le aree settentrionali

- Poco meno della metà degli edifici per uffici (29.560) è collocato nelle regioni settentrionali. Circa 4.300 nella sola provincia di Milano; 2.250 nella provincia di Torino; superano i 1.000 edifici ciascuna delle province di Brescia, Verona e Padova. Il 24% (7.145) del complesso degli edifici per uffici è utilizzato da istituzioni pubbliche.
- Il 90% degli immobili (26.751) ricade nella zona climatica E. Le altre zone climatiche contano appena 2.808 edifici.
- Nella zona prevalente, il maggior numero di edifici (14.385) è stato realizzato prima degli anni '70, ulteriori 9.000 fabbricati sono sorti dopo il 1981. Circa 3.400 appartengono al decennio '70-'80.
- Il 52 % degli edifici è isolato, con una quota in crescita nei periodi più recenti (prima degli anni '70, la quota è del 45,4%).
- Il sistema costruttivo è per l'80% in cemento armato e muratura, l'8 % in c.a. e vetro. Diversa la distribuzione se si guarda all'epoca di costruzione: prima degli anni'70 il 95% era in c.a. e muratura; negli ultimi anni una diversa attenzione si è spostata verso il c.a. e vetro (14%).
- 1/3 degli edifici realizzati prima del 1970 registra dimensioni maggiori di 500mq. Il maggior numero, quindi, ha dimensioni contenute e sono sviluppati prevalentemente su due o tre piani e senza ascensore.
- Oltre la metà, sempre dei manufatti realizzati prima del '70, hanno due finestre per stanza con infissi in legno (il 30% sono in alluminio) ma la maggior parte possiede i doppi o tripli vetri (66%). La maggior parte è dotata di schermi esterni (persiane, avvolgibili, ecc.).
- Quasi tutti gli impianti di riscaldamento sono alimentati a gas (il 77%) minore è l'impiego di gasolio (15%) e le tubature sono interne alle pareti.
- L'emissione dell'aria avviene sia attraverso radiatori (66%) che bocchette d'aria a parete (87%). Il 65% ha un sistema di condizionamento, soprattutto il condizionatore fisso tipo split (il 71% di coloro che sono dotati di impianto di condizionamento).
- Solo l'1,5% dei fabbricati costruiti prima del '70 è dotato di impianti a fonti rinnovabili. La stessa percentuale cresce negli immobili più recenti fino al 9%.

2.4.2 Le aree centrali

- Nelle regioni centrali sono ubicati quasi 11.600 edifici. Nella sola provincia di Roma ce ne sono 2.600, a Firenze, 1.142. il 30% di tali edifici è occupato dalla pubblica amministrazione. Naturalmente pesano sensibilmente i 930 edifici direzionali pubblici della provincia di Roma.
- Il 72% (8.305 edifici) ricade nella zona climatica D, il 20% (2.369) in zona E.
- Nella zona prevalente D, 5.145 edifici sono stati realizzati prima degli anni '70, ulteriori 2.213 fabbricati sono sorti dopo il 1981. Circa 960 appartengono al decennio '70-'80.
- Solo 1/3 degli edifici meno recenti è isolato, con una quota in crescita nei periodi più vicini (dopo il 1980 la quota degli isolati sale al 60%)
- Il sistema costruttivo nella zona D è per l'84% in cemento armato e muratura, il 6% in c.a. e vetro. Le realizzazioni più recenti, tuttavia registrano il 22% in c.a. e vetro.
- 1/3 degli edifici realizzati prima del 1970 registra dimensioni maggiori di 500mq. Il maggior numero, quindi, ha dimensioni contenute e sono sviluppati prevalentemente su due o tre piani e senza ascensore. Negli ultimi trent'anni la quota di edifici di dimensioni maggiori (oltre 500mq) supera il 50%.
- Poco meno della metà, sempre dei manufatti realizzati prima del '70, ha una sola finestra per stanza, il 35% ne ha due. Gli infissi prevalenti sono in legno ma con una proporzione maggiore che nel Nord del Paese (il 48% sono in alluminio o acciaio). Poco superiore il numero dei doppi o tripli vetri (54%) rispetto ai singoli. La maggior parte è dotata di schermi interni (tendaggi o veneziane).

- Gli impianti di riscaldamento più numerosi sono alimentati a gas (il 66%) minore è l'impiego di gasolio (13%) e persiste una quota elevata di elettricità (13%). Le tubature sono interne alle pareti.
- L'emissione dell'aria avviene sia attraverso radiatori (60%), fan-coil (19%) e termoconvettori (15%). Il 61% ha un sistema di condizionamento, soprattutto il condizionatore fisso tipo split (il 65% di coloro che sono dotati di impianto di condizionamento).
- Il 6,6% dei fabbricati costruiti prima del '70 è dotato di impianti a fonti rinnovabili. La stessa percentuale cresce negli immobili più recenti fino al 8,3%.

2.4.3 Le aree meridionali

- Il Mezzogiorno conta 23.770 edifici (il 37%). Superano i 1.000 fabbricati, ciascuna delle province di Napoli, Bari, Lecce, Palermo e Cagliari. Il 27% è ad uso pubblico (circa 6.500).
- Il 51% (12.109 fabbricati) è collocato in comuni ricadenti nella zona climatica C; il 25% (quasi 6.000) in zona D; il 16% (3.800) in zona B.
- Nella zona prevalente C, circa 6.900 edifici sono stati realizzati prima degli anni '70, ulteriori 1.400 fabbricati sono sorti dopo il 1981. Circa 3.800 appartengono al decennio '70-'80. La medesima distribuzione si osserva nelle altre zone climatiche.
- Solo poco meno di 1/3 degli edifici meno recenti è isolato, con una quota in crescita nei periodi più vicini (dopo il 1980 la quota degli isolati sale al 43%)
- Il sistema costruttivo nella zona C è per il 91% in cemento armato e muratura solo nelle realizzazioni più recenti, si registra un 9,4% in c.a. e vetro.
- 1/3 degli edifici realizzati prima del 1970 registra dimensioni maggiori di 500mq. Il maggior numero, quindi, ha dimensioni contenute e sono sviluppati prevalentemente su due o tre piani e senza ascensore. Negli ultimi trent'anni la quota di edifici di dimensioni maggiori (oltre 500mq) supera il 40%.
- Quasi il 60%, sempre dei manufatti realizzati prima del '70, ha una sola finestra per stanza, il 33% ne ha due. Gi infissi prevalenti sono in legno (il 47% sono in alluminio o acciaio). Poco superiore il numero dei doppi o tripli vetri (55%) rispetto ai singoli. La maggior parte è dotata di schermi esterni (persiane e avvolgibili).
- Gli impianti di climatizzazione più numerosi sono alimentati ad elettricità (il 36%) nella zona C, ancora maggiore la quota nella zona B (48%) mentre è prevalente l'uso del gas nella zona D (55%). Le tubature sono prevalentemente interne alle pareti.
- L'emissione dell'aria avviene sia attraverso radiatori (46%), fan-coil (25%) e termoconvettori (16%) nell'epoca di costruzione meno recente e in zona C. Il fan-coil è prevalente in zona B. Il 75% ha un sistema di condizionamento, soprattutto il condizionatore fisso tipo split (il 64% di coloro che sono dotati di impianto di condizionamento).
- Rispetto alle altre zone geografiche è assai minore il numero di fabbricati dotato di impianti a fonti rinnovabili.

Maggiori dettagli sono reperibili in [1].

3 Determinazione dell'edificio tipo per uso ufficio

L'analisi oggetto di studio contiene indirizzi e obiettivi strategici in campo energetico e vuole costituire un riferimento per la determinazione delle possibilità di efficientamento di tutto il parco edilizio nazionale. Tale indagine, che verrà completata nel corso del prossimo anno con l'analisi di tutte le tipologie di edifici più energivore (edilizia commerciale, alberghiera, scolastica ed ospedaliera), prende l'avvio dalla tipologia "edifici totalmente dedicati ad uso ufficio". Tale tipologia è stata individuata essere tra quelle con la evoluzione dei consumi più preoccupante. In questo tipo di edifici è stato infatti registrato negli ultimi anni un considerevole aumento dei consumi elettrici, con una tendenza che potrebbe portarne l'incidenza a superare il 50% dei consumi totali. Questo studio analizza i risultati dell'indagine dettagliata effettuata dal CRESME per la determinazione degli edifici tipo rappresentativi dell'intero parco immobiliare.

L'obiettivo dello studio è determinare le caratteristiche strutturali ed impiantistiche di edifici tipo per uffici, differenziate per anno di costruzione e per localizzazione geografica, al fine di poter condurre (nel secondo anno di attività della Ricerca di Sistema) una valutazione delle potenzialità di risparmio energetico ottenibile su scala nazionale, con diverse ipotesi di intervento, sia a livello di involucro che impiantistico. Maggiori dettagli sullo studio sono riportati in [5].

3.1 Metodologia di analisi e finalità dello studio

L'analisi energetica del parco immobiliare ad uso ufficio dell'intero territorio nazionale è stata effettuata utilizzando diversi modelli di edifici "tipo" caratterizzati da due distinte geometrie e da tipologie strutturali, in funzione delle epoche di costruzione in cui è stato suddiviso il patrimonio edilizio.

I modelli di edificio di riferimento sono stati strutturati sulla base delle informazioni estrapolate dall'indagine effettuata da CRESME per ENEA e dai risultati del Progetto BEEPS¹, come verrà di seguito descritto.

Una prima classificazione è stata effettuata relativamente alle zone geografiche (Nord, Centro, Sud e Isole) e alle epoche di costruzione (ante 1920, 1920/1945, 1946/1970, 1971/1990, 1991 ad oggi). Successivamente, sulla base dei dati del documento CRESME, sono state determinate le due geometrie tenendo conto dei seguenti parametri:

- Superficie media per piano
- Numero medio di piani per edificio
- Superficie media degli infissi
- Numero medio di infissi per stanza

I valori dei parametri che caratterizzano gli edifici "tipo" sono frutto di analisi e rielaborazioni dei dati dell'indagine CRESME: essi sono stati omogeneizzati per escludere la percentuale dei "non so" ed accorpare altre voci.

Particolare attenzione è stata riservata agli infissi (quantità e dimensioni) vista l'incidenza sul comportamento globale dell'edificio.

Superficie media finestre					
	ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991	1992/oggi
Nord-Italia	3,20	2,83	3,63	3,51	3,50
Centro-Italia	2,94	3,46	2,56	3,89	3,13
Sud-Italia+Isole	3,47	3,67	3,09	3,18	3,21
Numero medio finestre per stanza					
	ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991	1992/oggi
Nord-Italia	2,17	1,96	1,86	2,23	2,10
Centro-Italia	1,66	1,35	1,66	1,99	2,24
Sud-Italia+Isole	1,42	1,58	1,46	1,67	1,79

Le informazioni utili per la determinazione delle caratteristiche costruttive delle strutture opache orizzontali e verticali, di quelle trasparenti e dell'altezza interpiano degli edifici sono stati determinati dai risultati della ricerca del Progetto BEEPS, in congruenza con i dati CRESME.

¹ BEEPS Building Energy Environment Performance System è un programma del Ministero dell'Ambiente e del Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università "La Sapienza" di Roma sulla certificazione energetica degli edifici esistenti (<http://www.beepsitalia.it/index.htm>)

3.2 analisi e delle caratteristiche compositive e della Tipologia degli edifici

3.2.1 Tipologie costruttive

Sulla base delle epoche di costruzione è stato possibile individuare due tipologie costruttive delle strutture opache:

- Struttura mista in cemento armato e muratura;
- Struttura in cemento armato e vetro.

Per ognuna di queste sono state inoltre individuate le caratteristiche delle strutture trasparenti: legno ed alluminio per i telai accoppiati con vetri singoli o doppi.

La combinazione delle suddette caratteristiche è riportata in termini percentuali nelle tabelle seguenti.

Caratteristiche strutturali delle pareti esterne opache e trasparenti (%) - NORD															
	Ante 1920			1920-1945			1946/1971			1972/1991			1992/oggi		
muratura + c.a.	98	Legno Vetro singolo	29	100	Legno Vetro singolo	23	95	Legno Vetro singolo	22	82	Legno Vetro singolo	8	73	Legno Vetro singolo	1
		Legno Vetro doppio	45		Legno Vetro doppio	42		Legno Vetro doppio	31		Legno Vetro doppio	18		Legno Vetro doppio	21
		Alluminio Vetro singolo	5		Alluminio Vetro singolo	10		Alluminio Vetro singolo	15		Alluminio Vetro singolo	17		Alluminio Vetro singolo	5
		Alluminio Vetro doppio	20		Alluminio Vetro doppio	25		Alluminio Vetro doppio	28		Alluminio Vetro doppio	40		Alluminio Vetro doppio	48
c.a. + vetro	2	Legno Vetro singolo	0	0	Legno Vetro singolo	0	5	Legno Vetro singolo	0	18	Legno Vetro singolo	1	27	Legno Vetro singolo	1
		Legno Vetro doppio	1		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	1		Legno Vetro doppio	0
		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	2		Alluminio Vetro singolo	4		Alluminio Vetro singolo	3
		Alluminio Vetro doppio	1		Alluminio Vetro doppio	0		Alluminio Vetro doppio	3		Alluminio Vetro doppio	11		Alluminio Vetro doppio	22

Caratteristiche strutturali delle pareti esterne opache e trasparenti (%) - CENTRO															
	Ante 1920			1920-1945			1946/1971			1972/1991			1992/oggi		
muratura + c.a.	100	Legno Vetro singolo	40	100	Legno Vetro singolo	37	98	Legno Vetro singolo	30	83	Legno Vetro singolo	5	71	Legno Vetro singolo	1
		Legno Vetro doppio	29		Legno Vetro doppio	16		Legno Vetro doppio	5		Legno Vetro doppio	9		Legno Vetro doppio	18
		Alluminio Vetro singolo	11		Alluminio Vetro singolo	16		Alluminio Vetro singolo	9		Alluminio Vetro singolo	13		Alluminio Vetro singolo	10
		Alluminio Vetro doppio	20		Alluminio Vetro doppio	31		Alluminio Vetro doppio	55		Alluminio Vetro doppio	56		Alluminio Vetro doppio	42
c.a. + vetro	0	Legno Vetro singolo	0	0	Legno Vetro singolo	0	2	Legno Vetro singolo	0	17	Legno Vetro singolo	0	29	Legno Vetro singolo	0
		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	2		Legno Vetro doppio	0
		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	5
		Alluminio Vetro doppio	0		Alluminio Vetro doppio	0		Alluminio Vetro doppio	1		Alluminio Vetro doppio	15		Alluminio Vetro doppio	25

Caratteristiche strutturali delle pareti esterne opache e trasparenti (%) - SUD E ISOLE															
	Ante 1920			1920-1945			1946/1971			1972/1991			1992/oggi		
muratura + c.a.	99	Legno Vetro singolo	36	100	Legno Vetro singolo	41	98	Legno Vetro singolo	28	96	Legno Vetro singolo	11	91	Legno Vetro singolo	0
		Legno Vetro doppio	36		Legno Vetro doppio	15		Legno Vetro doppio	20		Legno Vetro doppio	16		Legno Vetro doppio	32
		Alluminio Vetro singolo	6		Alluminio Vetro singolo	17		Alluminio Vetro singolo	18		Alluminio Vetro singolo	26		Alluminio Vetro singolo	10
		Alluminio Vetro doppio	22		Alluminio Vetro doppio	27		Alluminio Vetro doppio	32		Alluminio Vetro doppio	44		Alluminio Vetro doppio	49
c.a. + vetro	1	Legno Vetro singolo	1	0	Legno Vetro singolo	0	2	Legno Vetro singolo	0	4	Legno Vetro singolo	0	9	Legno Vetro singolo	0
		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0		Legno Vetro doppio	0
		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0		Alluminio Vetro singolo	0
		Alluminio Vetro doppio	0		Alluminio Vetro doppio	0		Alluminio Vetro doppio	2		Alluminio Vetro doppio	4		Alluminio Vetro doppio	9

Nelle tabelle dei paragrafi che seguono sono riportati i valori delle caratteristiche termo fisiche delle strutture opache orizzontali e verticali e delle strutture trasparenti rappresentative del campione di edifici preso in esame. Tali caratteristiche sono distinte per epoca di costruzione: in particolare le parti opache sono raggruppate in due fasce, cioè ante 1920 fino al 1970 e dal 1971 ad oggi; le pareti trasparenti sono invece distinte secondo le cinque fasce di cui si faceva riferimento in precedenza.

3.2.1.1 Strutture opache

Caratteristiche strutturali parete esterna mista (ante 1920/1970)									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(m ² K/W)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,02	1,4	2000		40	0,01			
FORATI IN LATERIZIO	0,08	0,90	2000		160	0,09			
CAMERA D'ARIA	0,2	0,026	1,03	6,400	0,206	0,156			
MATTONI	0,12	0,72	1800		216	0,17			
								25	
TOTALE	0,42				416,206	0,856			1,169

Caratteristiche strutturali solaio piano terra (ante 1920/1970)								
	s	λ	ρ	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(m ² K/W)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
						7,7		
CIOTOLI	0,18	0,7	1500	270	0,26			
SOLAIO	0,18		1800	324	0,30			
ARGILLA	0,06	0,12	450	27	0,50			
MASSETTO	0,03	0,9	1800	54	0,03			
PIASTRELLE	0,02	1	2300	46	0,02			
TOTALE	0,47			721	1,240			0,806

Caratteristiche strutturali solaio copertura (ante 1920/1970)

	s	λ	ρ	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m³)	(Kg/m²)	(m²K/W)	(m²K/W)	(m²K/W)	(W/m²K)
						7,7		
INTONACO	0,02	0,7	800	16	0,03			
SOLAIO	0,22		1800	396	0,33			
ARGILLA ESPANSA	0,05	0,27	900	45	0,19			
MASSETTO	0,03	1,4	400	12	0,02			
RIVESTIMENTO CEMENTO	0,03	1,4	2000	60	0,02			
							25	
TOTALE	0,35			529	0,756			1,322

Caratteristiche strutturali parete esterna CEMENTO ARMATO (1971/ ad oggi)

	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m³)	(W/m²K)	(Kg/m²)	(m²K/W)	(m²K/W)	(m²K/W)	(W/m²K)
							7,7		
INTONACO	0,025	1,4	2000		50	0,02			
FORATI IN LATERIZIO	0,08	0,90	2000		160	0,09			
CAMERA D'ARIA (20 cm)	0,12	0,026	1,03	6,400	0,1236	0,156			
ISOLANTE (polistirene)	0,08	0,17	1100						
FORATI IN LATERIZIO	0,12	0,90	2000		240	0,13			
								25	
INTONACO	0,025	1,4	2000		50	0,02			
TOTALE	0,45				500,1236	1,314			0,761

Caratteristiche strutturali solaio piano terra (1971/ ad oggi)

	s	λ	ρ	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m³)	(Kg/m²)	(m²K/W)	(m²K/W)	(m²K/W)	(W/m²K)
						7,7		
CIOTOLI	0,18	0,7	1500	270	0,257			
SOLAIO	0,3		1800	540	0,41			
PANNELLI SEMIRIG	0,05	0,046	16	0,8	1,087			
MASSETTO	0,03	0,9	1800	54	0,03			
PIASTRELLE	0,02	1	2300	46	0,02			
							-	
TOTALE	0,58			910,8	1,937			0,516

Caratteristiche strutturali solaio copertura (1971/ ad oggi)

	s	λ	ρ	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m³)	(Kg/m²)	(m²K/W)	(m²K/W)	(m²K/W)	(W/m²K)
						7,7		
INTONACO	0,03	0,7	800	24	0,04			
SOLAIO	0,18		1800	324	0,30			
PANNELLI SEMIRIG	0,03	0,046	16	0,48	0,652			
MASSETTO	0,03	1,4	400	12	0,021			
RIVESTIMENTO CEMENTO	0,03	1,4	2000	60	0,021			
							25	
TOTALE	0,30			420,48	1,208			0,828

3.2.1.2 Strutture trasparenti

Valori della trasmittanza degli infissi (W/m_2K)						
NORD		Ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991	1992/oggi
	Superficie vetrata					
	Legno Vetro singolo	4,59	4,51	4,66	4,64	4,64
	Legno Vetro doppio	2,58	2,57	2,59	2,59	2,59
	Alluminio no T.T. Vetro singolo	6,12	6,15	6,09	6,10	6,10
	Alluminio no T.T. Vetro doppio	4,00	4,08	3,92	3,94	3,94
	Alluminio T.T. Vetro singolo	-	-	-	-	-
	Alluminio T.T. Vetro doppio	3,21	3,23	3,18	3,19	3,19
	Superficie opaca					
	Parete verticale esterna	1,17	1,17	1,17	0,76	0,76
	Solaio di calpestio	0,81	0,81	0,81	0,52	0,52
	Solaio di copertura	1,32	1,32	1,32	0,83	0,83

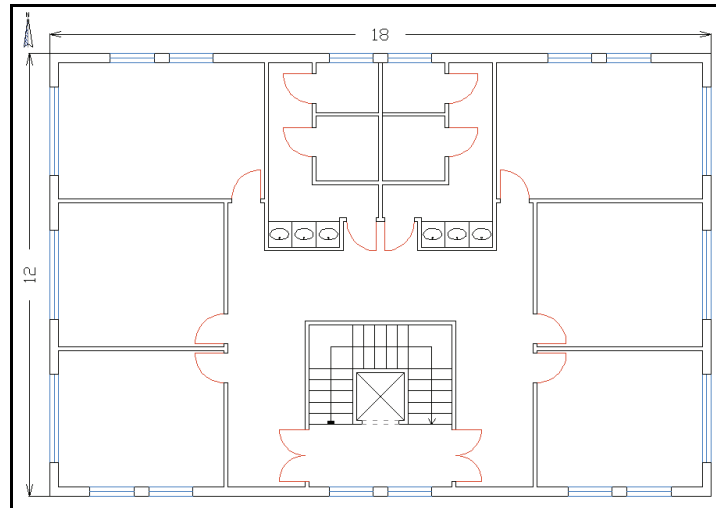
Valori della trasmittanza degli infissi (W/m_2K)						
CENTRO		Ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991	1992/oggi
	Superficie vetrata					
	Legno Vetro singolo	4,54	4,63	4,45	4,69	4,58
	Legno Vetro doppio	2,57	2,59	2,56	2,60	2,58
	Alluminio no T.T. Vetro singolo	6,14	6,10	6,17	6,08	6,12
	Alluminio no T.T. Vetro doppio	4,06	3,95	4,16	3,88	4,01
	Alluminio T.T. Vetro singolo	-	-	-	-	-
	Alluminio T.T. Vetro doppio	3,23	3,19	3,26	3,17	3,21
	Superficie opaca					
	Parete verticale esterna	1,17	1,17	1,17	0,76	0,76
	Solaio di calpestio	0,81	0,81	0,81	0,52	0,52
	Solaio di copertura	1,32	1,32	1,32	0,83	0,83

Valori della trasmittanza degli infissi (W/m_2K)						
SUD E ISOLE		Ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991	1992/oggi
	Superficie vetrata					
	Legno Vetro singolo	4,63	4,66	4,57	4,58	4,59
	Legno Vetro doppio	2,59	2,59	2,58	2,58	2,58
	Alluminio no T.T. Vetro singolo	6,10	6,09	6,13	6,12	6,12
	Alluminio no T.T. Vetro doppio	3,95	3,91	4,02	4,00	4,00
	Alluminio T.T. Vetro singolo	-	-	-	-	-
	Alluminio T.T. Vetro doppio	3,19	3,18	3,21	3,21	3,21
	Superficie opaca					
	Parete verticale esterna	1,17	1,17	1,17	0,76	0,76
	Solaio di calpestio	0,81	0,81	0,81	0,52	0,52
	Solaio di copertura	1,32	1,32	1,32	0,83	0,83

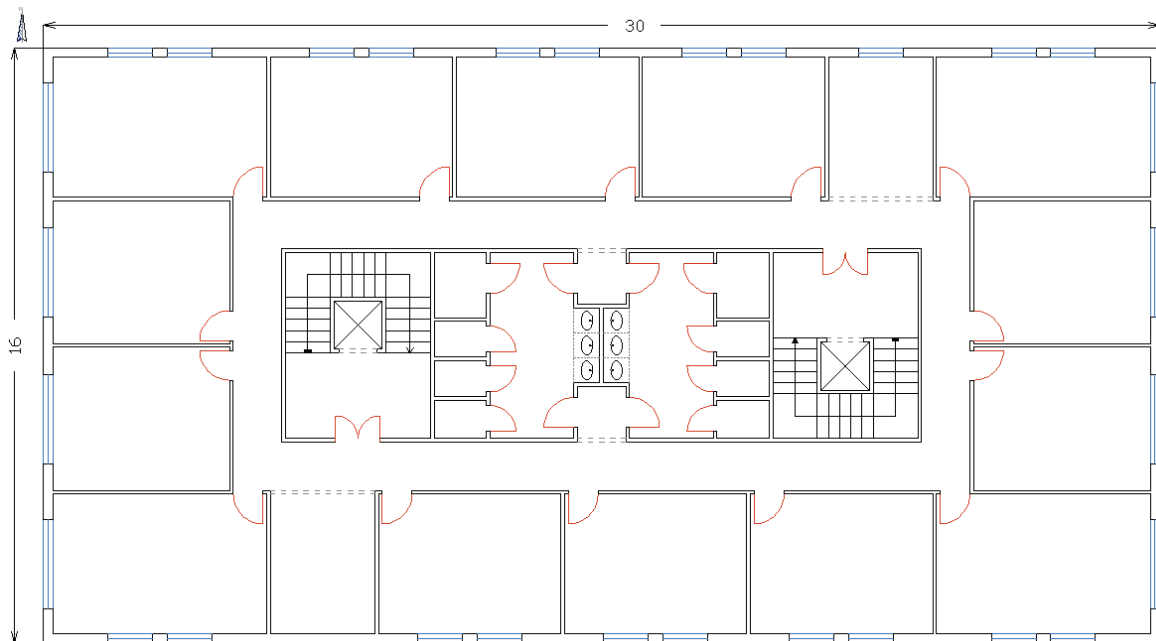
3.2.2 Caratteristiche tipologiche

Nelle figure che seguono sono raffigurate due piante rappresentative di due tipologie di edifici per uffici, caratterizzate da una diversa distribuzione degli spazi interni e differenti metrature.

La prima pianta corrisponde alla tipologia di edificio per uffici con struttura in cemento armato e tamponatura in muratura, che ha prevalso nella maggior parte delle epoche di costruzione, in particolare fino agli anni '70 del secolo scorso.



La seconda, invece, rappresenta una tipologia di edificio che ha iniziato a imporsi a partire dagli anni '70, contraddistinto da una struttura in cemento armato alternata ad ampie superfici vetrate.



L'intero studio ha permesso così di identificare per ognuna delle aree geografiche e per ogni epoca di costruzione distinti edifici caratterizzati per elementi dimensionali e parametri costruttivi che ne evidenziano le differenze, così come si evince nelle ultime tre tabelle riassuntive.

NORD		Ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991		1992/oggi	
		muratura + c.a.	muratura + c.a.	muratura + c.a.	muratura +c.a.	c.a. + vetro	muratura + c.a.	c.a. + vetro
		legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio
		singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio
DATI GEOMERICI								
N° piani		2	2	2	2	5	2	5
Altezza edificio	m	6,8	6,6	6,2	6	15	5,8	14,5
Lunghezza	m	18	18	18	18	30	18	30
Profondità	m	12	12	12	12	16	12	16
Altezza interpiano	m	3,4	3,3	3,1	3	3	2,9	2,9
Superficie riscaldata	m ²	216	216	216	216	480	216	480
Volume	m ³	1469	1426	1339	1296	7200	1253	6960
S/V		0,29	0,30	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34
PARETE NORD								
Superficie Totale	m ²	122	119	112	108	450	104	435
Superficie Opaca	m ²	103	102	90	87	293	83	278
Numero finestre/piano		3	3	3	3	9	3	9
Superficie finestra	m ²	3,20	2,80	3,60	3,50	3,50	3,50	3,50
Superficie Trasparente	m ²	19,20	16,80	21,60	21,00	157,50	21,00	157,50
Superficie vetro	m ²	13,63	11,93	15,34	14,91	111,83	14,91	111,83
% trasparente/totale	%	16%	14%	19%	19%	35%	20%	36%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	5,57	4,87	6,26	6,09	45,68	6,09	45,68
PARETE SUD								
Superficie Totale	m ²	122	119	112	108	450	104	435
Superficie Opaca	m ²	97	96	83	80	293	76	278
Numero finestre/piano		4	4	4	4	9	4	9
Superficie finestra	m ²	3,20	2,80	3,60	3,50	3,50	3,50	3,50
Superficie Trasparente	m ²	25,60	22,40	28,80	28,00	157,50	28,00	157,50
Superficie vetro	m ²	18,18	15,90	20,45	19,88	111,83	19,88	111,83
% trasparente/totale	%	21%	19%	26%	26%	35%	27%	36%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	7,42	6,50	8,35	8,12	45,68	8,12	45,68
PARETE EST								
Superficie Totale	m ²	81,60	79,20	74,40	72,00	240,00	69,60	232,00
Superficie Opaca	m ²	56	57	46	44	100	42	92
Numero finestre/piano		4	4	4	4	8	4	8
Superficie finestra	m ²	3,20	2,80	3,60	3,50	3,50	3,50	3,50
Superficie Trasparente	m ²	25,60	22,40	28,80	28,00	140,00	28,00	140,00
Superficie vetro	m ²	18,18	15,90	20,45	19,88	99,40	19,88	99,40
% trasparente/totale	%	31%	28%	39%	39%	58%	40%	60%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	7,42	6,50	8,35	8,12	40,60	8,12	40,60
PARETE OVEST								
Superficie Totale	m ²	81,60	79,20	74,40	72,00	240,00	69,60	232,00
Superficie Opaca	m ²	56	57	46	44	100	42	92
Numero finestre/piano		4	4	4	4	8	4	8
Superficie finestra	m ²	3,20	2,80	3,60	3,50	3,50	3,50	3,50
Superficie Trasparente	m ²	25,60	22,40	28,80	28,00	140,00	28,00	140,00
Superficie vetro	m ²	18,18	15,90	20,45	19,88	99,40	19,88	99,40
% trasparente/totale	%	31%	28%	39%	39%	58%	40%	60%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	7,42	6,50	8,35	8,12	40,60	8,12	40,60
SOLAIO CALPESTIO								
Superficie Totale	m ²	216	216	216	216	480	216	480
SOLAIO COPERTURA								
Superficie Totale	m ²	216	216	216	216	480	216	480

CENTRO		Ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991		1992/oggi	
		muratura +c.a.	muratura +c.a.	muratura +c.a.	muratura +c.a.	c.a. + vetro	muratura +c.a.	c.a. + vetro
		legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio
		singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio
DATI GEOMETRICI								
N° piani		2	2	2	2	5	2	5
Altezza edificio	m	6,8	6,6	6,2	6	15	5,8	14,5
Lunghezza	m	18	18	18	18	30	18	30
Profondità	m	12	12	12	12	16	12	16
Altezza interpiano	m	3,4	3,3	3,1	3	3	2,9	2,9
Superficie riscaldata	m ²	216	216	216	216	480	216	480
Volume	m ³	1469	1426	1339	1296	7200	1253	6960
S/V		0,29	0,30	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34
PARETE NORD								
Superficie Totale	m ²	122	119	112	108	450	104	435
Superficie Opaca	m ²	105	98	96	85	275	86	296
Numero finestre/piano		3	3	3	3	9	3	9
Superficie finestra	m ²	2,90	3,50	2,60	3,90	3,90	3,10	3,10
Superficie Trasparente	m ²	17,40	21,00	15,60	23,40	175,50	18,60	139,50
Superficie vetro	m ²	12,35	14,91	11,08	16,61	124,61	13,21	99,05
% trasparente/totale	%	14%	18%	14%	22%	39%	18%	32%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	5,05	6,09	4,52	6,79	50,90	5,39	40,46
PARETE SUD								
Superficie Totale	m ²	122	119	112	108	450	104	435
Superficie Opaca	m ²	99	91	91	77	275	80	296
Numero finestre/piano		4	4	4	4	9	4	9
Superficie finestra	m ²	2,90	3,50	2,60	3,90	3,90	3,10	3,10
Superficie Trasparente	m ²	23,20	28,00	20,80	31,20	175,50	24,80	139,50
Superficie vetro	m ²	16,47	19,88	14,77	22,15	124,61	17,61	99,05
% trasparente/totale	%	19%	24%	19%	29%	39%	24%	32%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	6,73	8,12	6,03	9,05	50,90	7,19	40,46
PARETE EST								
Superficie Totale	m ²	81,60	79,20	74,40	72,00	240,00	69,60	232,00
Superficie Opaca	m ²	58	51	54	41	84	45	108
Numero finestre/piano		4	4	4	4	8	4	8
Superficie finestra	m ²	2,90	3,50	2,60	3,90	3,90	3,10	3,10
Superficie Trasparente	m ²	23,20	28,00	20,80	31,20	156,00	24,80	124,00
Superficie vetro	m ²	16,47	19,88	14,77	22,15	110,76	17,61	88,04
% trasparente/totale	%	28%	35%	28%	43%	65%	36%	53%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	6,73	8,12	6,03	9,05	45,24	7,19	35,96
PARETE OVEST								
Superficie Totale	m ²	81,60	79,20	74,40	72,00	240,00	69,60	232,00
Superficie Opaca	m ²	58	51	54	41	84	45	108
Numero finestre/piano		4	4	4	4	8	4	8
Superficie finestra	m ²	2,90	3,50	2,60	3,90	3,90	3,10	3,10
Superficie Trasparente	m ²	23,20	28,00	20,80	31,20	156,00	24,80	124,00
Superficie vetro	m ²	16,47	19,88	14,77	22,15	110,76	17,61	88,04
% trasparente/totale	%	28%	35%	28%	43%	65%	36%	53%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	6,73	8,12	6,03	9,05	45,24	7,19	35,96
SOLAIO CALPESTIO								
Superficie Totale	m ²	216	216	216	216	480	216	480
SOLAIO COPERTURA								
Superficie Totale	m ²	216	216	216	216	480	216	480

SUD E ISOLE		Ante 1920	1920/1945	1946/1971	1972/1991		1992/oggi	
		muratura +c.a.	muratura +c.a.	Muratura +c.a.	muratura +c.a.	c.a. + vetro	muratura +c.a.	c.a. + vetro
		legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio	legno/alluminio
		singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio	singolo/doppio
DATI GEOMETRICI								
n° piani		2	2	2	2	5	2	5
Altezza edificio	m	6.8	6.6	6.2	6	15	5.8	14.5
Lunghezza (L)	m	18	18	18	18	30	18	30
Profondità (P)	m	12	12	12	12	16	12	16
Altezza interpiano	m	3.4	3.3	3.1	3	3	2.9	2.9
Superficie riscaldata	m ²	216	216	216	216	480	216	480
Volume	m ³	1469	1426	1339	1296	7200	1253	6960
S/V		0.29	0.30	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34
PARETE NORD								
Superficie Totale	m ²	122	119	112	108	450	104	435
Superficie Opaca	m ²	101	97	93	89	306	85	291
Numero finestre/piano		3	3	3	3	9	3	9
Superficie finestra	m ²	3.50	3.70	3.10	3.20	3.20	3.20	3.20
Superficie Trasparente	m ²	21.00	22.20	18.60	19.20	144.00	19.20	144.00
Superficie vetro	m ²	14.91	15.76	13.21	13.63	102.24	13.63	102.24
% trasparente/totale	%	17%	19%	17%	18%	32%	18%	33%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie tot. telaio	m ²	6.09	6.44	5.39	5.57	41.76	5.57	41.76
PARETE SUD								
Superficie Totale	m ²	122	119	112	108	450	104	435
Superficie Opaca	m ²	94	89	87	82	306	79	291
Numero finestre/piano		4	4	4	4	9	4	9
Superficie finestra	m ²	3.50	3.70	3.10	3.20	3.20	3.20	3.20
Superficie Trasparente	m ²	28.00	29.60	24.80	25.60	144.00	25.60	144.00
Superficie vetro	m ²	19.88	21.02	17.61	18.18	102.24	18.18	102.24
% trasparente/totale	%	30%	33%	29%	31%	47%	32%	49%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	8.12	8.58	7.19	7.42	41.76	7.42	41.76
PARETE EST								
Superficie Totale	m ²	81.60	79.20	74.40	72.00	240.00	69.60	232.00
Superficie Opaca	m ²	54	50	50	46	112	44	104
Numero finestre/piano		4	4	4	4	8	4	8
Superficie finestra	m ²	3.50	3.70	3.10	3.20	3.20	3.20	3.20
Superficie Trasparente	m ²	28.00	29.60	24.80	25.60	128.00	25.60	128.00
Superficie vetro	m ²	19.88	21.02	17.61	18.18	90.88	18.18	90.88
% trasparente/totale	%	34%	37%	33%	36%	53%	37%	55%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	8.12	8.58	7.19	7.42	37.12	7.42	37.12
PARETE OVEST								
Superficie Totale	m ²	81.60	79.20	74.40	72.00	240.00	69.60	232.00
Superficie Opaca	m ²	54	50	50	46	112	44	104
Numero finestre/piano		4	4	4	4	8	4	8
Superficie finestra	m ²	3.50	3.70	3.10	3.20	3.20	3.20	3.20
Superficie Trasparente	m ²	28.00	29.60	24.80	25.60	128.00	25.60	128.00
Superficie vetro	m ²	19.88	21.02	17.61	18.18	90.88	18.18	90.88
% trasparente/totale	%	34%	37%	33%	36%	53%	37%	55%
% telaio	%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%
Superficie telaio	m ²	8.12	8.58	7.19	7.42	37.12	7.42	37.12
SOLAIO CALPESTIO								
Superficie Totale	m ²	216	216	216	216	480	216	480
SOLAIO COPERTURA								
Superficie Totale	m ²	216	216	216	216	480	216	480

3.2.3 Tipologia e caratteristiche impiantistiche degli edifici per uffici

La classificazione dei sistemi impiantistici è stata effettuata sulla base dei dati dell'indagine CRESME per ENEA in funzione della tipologia di alimentazione, sul sistema di emissione dell'aria e sul sistema di regolazione della temperatura per gli impianti di riscaldamento, mentre per quelli di climatizzazione estiva si è considerata la tipologia di impianto e il sistema di regolazione.

L'estrapolazione dei dati utili a determinare le tipologie impiantistiche prevalenti è stata inoltre effettuata in relazione alle 5 epoche costruttive (ante 1920, 1920-1945; 1946-1970, 1971-1990, dal 1991-oggi) ed alle 3 principali zone geografiche in cui abbiamo suddiviso il territorio italiano (Nord – Centro – Sud e Isole).

In particolare per gli impianti di riscaldamento sono state considerate tre tipologie di alimentazione, (gas, gasolio ed elettrico), tre tipologie di sistemi di emissione dell'aria (radiatori, fan coil e termoconvettori) e due sistemi di regolazione della temperatura (per stanza e per piano); gli impianti di climatizzazione sono stati suddivisi in quattro tipologie (condizionatore fisso, mobile, pompe di calore e caldaie) e di due sistemi di regolazione della temperatura (per stanza e per piano).

Le tabelle seguenti illustrano le incidenze percentuali delle combinazioni ottenute sulla base dei parametri utilizzati per la classificazione, rispettivamente, per il riscaldamento e la climatizzazione.

			Ante '20				Dal 1920 al '45				Dal 1945 al '70				Dal 1971 al '90				Dal 1991 ad oggi							
Loc.	Comb.		Tip. Emis.	Reg. temp.	St	Pi	Tip. Emis.	Reg. temp.	S	P	Tip. Emis.	Reg. temp.	S	P	Tip. Emis.	Reg. temp.	S	P	Tip. Emis.	Reg. temp.	S	P				
NORD	GAS	80.3	RAD	69.9	33.8	36.1	78.4	RAD	62.8	13.8	49.0	74.5	RAD	65.0	18.9	46.1	RAD	42.9	14.1	28.7	72.0	RAD	40.3	19.5	20.8	
			FC	5.4	4.7	0.7		FC	10.5	8.7	1.8		FC	9.6	7.38	2.26	FC	15.6	8.7	6.9		FC	13.9	5.9	8.0	
			TC	24.7	15.5	9.20		TC	26.7	17.7	9.0		TC	25.4	12.7	12.6	TC	41.6	24.8	16.7		TC	45.8	28.5	17.3	
	Gasolio	16	RAD	71.2	12.3	58.9	18.1	RAD	82.7	5.01	77.7	18.5	RAD	65.4	29.5	35.9	RAD	60.0	27.3	32.8	5.3	RAD	73.6	26.3	47.3	
			FC	0.0	0.0	0.0		FC	0.0	0.0	0.0		FC	11.7	5.11	6.58	FC	19.8	10.6	9.2		FC/TC	8.8	8.8	0.0	
			TC	28.8	2.6	26.1		TC	17.3	6.14	11.1		TC	22.9	16.5	6.47	TC	20.2	15.3	4.9		BA	17.6	8.8	8.8	
Elettrico	3.7	RAD	32.6	32.6	0.0	3.5	RAD	0.0	0.0	0.0	7.0	RAD	16.8	16.8	0.0	19	BA	11.2	9.8	1.4	23	BA	4.5	4.5	0.0	
		FC	0.0	0.0	0.0		FC	75.5	75.5	0.0		FC	66.2	17.4	48.8		FC	88.8	81.1	7.7		FC	89.2	84.4	4.8	
		TC	67.4	67.4	0.0		TC	24.5	24.5	0.0		TC	17.0	17	0.0		TC	0.0	0.0	0.0		TC	6.3	6.3	0.0	
CENTRO	GAS	77.8	RAD	55.6	27.7	27.9	83.8	RAD	64.6	1.9	62.7	61.8	RAD	80.2	32.8	47.4	RAD	39.0	16.1	22.9	52.0	RAD	27.0	9.8	17.2	
			FC	16.0	10.0	6.0		BA	8.6	8.63	0.0		FC	10.9	5.5	5.5	FC	34.9	32.2	2.6		FC	22.6	18.8	3.8	
			TC	28.4	22.1	6.3		TC	26.8	8.5	18.3		TC	8.8	8.8	0.0	TC	26.1	18.1	8.1		TC	50.4	44.4	6.0	
	Gasolio	10.2	RAD	0.0	0.0	0.0	10.6	RAD	66.7	66.7	0.0	15.8	RAD	87.0	0.0	87.0	RAD	100	0	100	3.6	RAD	100	100	0.0	
			FC	0.0	0.0	0.0		FC	0.0	0.0	0.0		FC	0.0	0.0	0.0	FC	0.0	0	0		FC	0.0	0.0	0.0	
			TC	100	55.8	44.2		TC	33.3	33.3	0.0		TC	13.0	0.0	13.0	TC	0.0	0	0		TC	0.0	0.0	0.0	
Elettrico	12.0	BA	18.4	18.4	0.0	5.6	RAD	0.0	0.0	0.0	22.4	BA	6.8	6.8	0.0	27	BA	15.9	15.9	0	44	BA	21.7	21.7	0.0	
		FC	36.9	36.9	0.0		FC	83.5	83.5	0.0		FC	68.2	54.4	13.8		FC	76.2	60.0	16.2		FC	69.6	56.6	13.0	
		TC	44.7	44.7	0.0		TC	16.5	16.5	0.0		TC	25.0	0.0	25.0		TC	7.9	0	7.9		TC	8.7	4.35	4.35	
SUD-ISOLE	GAS	32.7	RAD	68.7	18.2	50.5	50.3	RAD	86.1	29.6	56.5	51.4	RAD	75.7	33.4	42.3	46	RAD	64.8	23.5	41.3	54	RAD	83.8	32.3	51.5
			FC	0.0	0.0	0.0		FC	13.9	13.9	0.0		FC	6.9	0.0	6.93		FC	15.9	10.3	5.6		FC	5.5	5.5	0.0
			TC	31.3	14.6	16.8		TC	0.0	0.0	0.0		TC	17.4	11.3	6.08		TC	19.3	16.6	2.7		TC	10.7	10.7	0.0
	Gasolio	23.4	RAD	43.8	21.9	21.9	13.4	RAD	100	40.2	59.8	17.6	RAD	100	40.7	59.3	24	RAD	84.6	3.6	81.0	2.2	RAD	100	100	0.00
			FC	43.8	21.9	21.9		FC	0.0	0.0	0.0		FC	0.0	0.0	0.0		FC	6.3	6.3	0		FC	0.0	0.00	0.00
			TC	43.8	21.9	21.9		TC	0.0	0.0	0.0		TC	0.0	0.0	0.0		TC	9.1	9.1	0		TC	0.0	0.00	0.00
Elettrico	43.9	BA	12.6	12.6	0.0	36.3	RAD	0.0	0.0	0.0	31	RAD	9.5	9.51	0.0	31.0	RAD	0.0	0	0	43	RAD	0.0	0.0	0.0	
		FC	69.1	39.0	30.1		FC	77.4	50.2	27.1		FC	78.9	71.9	7.04		FC	91.9	84.6	7.3		FC	92.7	64.8	27.9	
		TC	18.3	14.3	4.0		TC	22.6	12.8	9.83		TC	11.6	6.91	4.69		TC	8.1	8.1	0		TC	7.3	7.3	0.0	

Loc.	Tpol.	Ante '20				Dal 1920 al '45				Dal 1945 al '70				Dal 1971 al '90				Dal 1991 ad oggi			
			Reg. Temperatura		St	Reg. Temperatura		Pi		Reg. Temperatura		St	Pi	Reg. Temperatura		St	Pi		Reg. temp.		
NORD	Cond. Fisso (Split)	69.8	52.0	48.0		69.7	39.4	60.6		71.3	45.2	54.8		76.1	58.2	41.8		71.0	71.7	28.3	
	Cond. Mobile	2.9	100	0.0		3.4	100	0.0		1.2	100	0.0		4.3	47.3	52.7		0.0	0.0	0.0	
	Pompa di calore	21.3	38.3	61.7		25.7	70	30.0		22.9	36.9	63.1		17.7	79.7	20.3		25.6	73.4	26.6	
	Caldaia	6.2	44.7	55.3		1.2	0.0	100.0		4.6	50.0	50.0		1.9	25.5	74.5		3.4	41.9	58.1	
	Cond. Fisso (Split)	61.2	69.7	30.3		56.5	39.6	60.4		73.2	51.4	48.6		56.2	64.8	35.2		53.2	69.3	30.7	
CENTRO	Cond. Mobile	8.9	80.2	19.8		12.2	0.0	100.0		0	0.0	0.0		4.5	0.0	0.0		5.1	66.6	33.4	
	Pompa di calore	27.7	76.1	23.9		25.3	76.2	23.8		18.9	71.4	28.6		39.3	75.8	24.2		34.3	94.6	5.4	
	Caldaia	2.2	0.0	0.0		6.0	0.0	0.0		7.9	50.0	50.0		0.0	0.0	0.0		7.3	76.3	23.7	
	Cond. Fisso (Split)	53.9	36.3	63.7		54.8	41.4	58.6		59.7	76.6	23.4		56.7	47.5	52.5		57.8	57.5	42.5	
	Cond. Mobile	2.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		1.5	0.0	100.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
SUD-ISOLE	Pompa di calore	42.4	69.2	30.8		36.5	87.0	13.0		34.1	78.0	22.0		40.9	88.4	11.6		39.9	74.4	25.6	
	Caldaia	1.7	100.0	0.0		8.7	0.0	100.0		4.6	54.8	45.2		2.4	50.8	49.2		2.3	100.0	0.0	

4 Indagine sui consumi degli edifici pubblici

Questo studio si rivolge agli edifici del settore pubblico ed in particolare, per quanto riguarda il settore non residenziale, al settore delle scuole, materne, dell'obbligo e superiori e a quello degli uffici. Lo studio ha lo scopo di inquadrare in grandi linee uno scenario di risparmio sui consumi di energia nei sottosettori con destinazione d'uso "Direzionale Pubblico" occupato da: Enti Pubblici non economici, Enti di ricerca, Regioni, Ministeri, Agenzie fiscali, Pres. consiglio ministri, Monopoli di stato, "Scuole" (divise tra materne e elementari – medie - superiori), con esclusione degli edifici universitari. Dall'indagine sono quindi *esclusi* Ospedali, Caserme e Carceri: tutte tipologie di edifici alle quali una indagine come questa, che si fonda, sulla presunta rispondenza degli edifici in studio alle normative energetiche, non può essere applicata, trattandosi di tipologie che operano in deroga alle suddette normative e che hanno, come nel caso degli ospedali, caratteristiche d'uso ed impiantistiche estremamente diverse da caso a caso e difficilmente schematizzabili con un approccio di questo tipo.

Per la determinazione della consistenza del parco immobiliare e della sua distribuzione sul territorio nazionale si è fatto riferimento a dati CRESME, sia relativamente alle **scuole** che agli edifici per **uffici** (*questa ultima valutazione è stata realizzata espressamente per questo studio*). Va rilevato che, per quanto riguarda gli uffici, sono stati presi in considerazione solo gli edifici completamente occupati da enti riconducibili alla Pubblica Amministrazione, escludendo quindi tutte le unità immobiliari occupate da enti pubblici, ma localizzati p.es. in appartamenti o altre unità immobiliari non totalmente di proprietà pubblica. Questo spiega il numero apparentemente esiguo (13581) degli edifici individuati in questa indagine. Tale numero è comunque congruente con la realtà di altri paesi europei, quale per esempio la Germania, nella quale gli edifici per uffici pubblici sono circa 20.000.

4.1 Valutazione della consistenza del patrimonio edilizio interessato

La disponibilità di dati sulla consistenza del patrimonio edilizio delle tipologie interessate è molto variabile a seconda della destinazione d'uso.

4.1.1 Scuole

Il settore scolastico è uno di quelli maggiormente studiato, per vari motivi, e la sua consistenza è più o meno accertata nell'ordine delle 43.000 unità. Prendendo a riferimento il dato della suddivisione territoriale degli addetti, fornitaci da CONSIP, possiamo dedurre la tabella seguente:

	Nord	Centro	Sud
Totale	17000	9500	16500
Ante 373	11400	6400	11000
Post 373	5600	3100	5500

4.1.2 Direzionale

Il settore "Direzionale Pubblico" è in assoluto il meno conosciuto: si sa che gli "Enti Appaltanti" in Italia sono circa 15.000 e che la totalità degli edifici "Direzionali" totalmente occupati da attività non residenziali (pubblici e privati) è di circa 80.000 unità. Come accennato nella introduzione, CRESME ha realizzato per ENEA una indagine preliminare espressamente per questo studio preliminare. I risultati salienti sono riportati di seguito.

La consistenza immobiliare di edifici "totalmente ad uffici" è di 13.580 FABBRICATI, pari ad una SUPERFICIE COPERTA DI 23,4 milioni di mq. La articolazione degli edifici pubblici per comparto è riportata nella tabella seguente:

	EDIFICI	SUPERFICIE
AMMINISTRAZIONE PUBBLICA	9.550	16.811.119
ISTRUZIONE	2.025	2.594.456
SANITA'	508	2.285.834
RICERCA E SVILUPPO	247	491.701
ENERGIA ELETTR. GAS ACQUA	129	100.312
IMMOBILIARI E COSTRUZIONI	128	189.469
ALTRE	993	955.683
TOTALE	13.581	23.428.573
Fonte: CRESME per ENEA		

A livello provinciale, Roma ha il maggior numero di edifici (735) seguita dalla provincia di Torino (426) Napoli (376) e Milano (371). Queste prime 4 province detengono il 14% dell'intero patrimonio nazionale.

Le superfici coperte sono prevalentemente concentrate nella provincia di Roma (3,1 milioni di mq) seguita da Milano (920mila) Napoli (833mila); Torino (799mila). In termini di superfici il 50% è concentrato nella prime 16 province, questo dato ha una notevole importanza nel determinare il target di eventuali azioni di efficientamento e di sensibilizzazione.

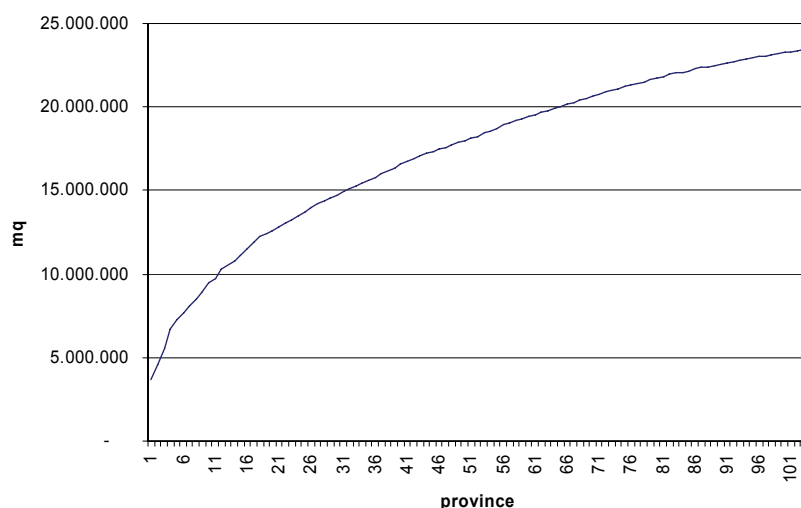
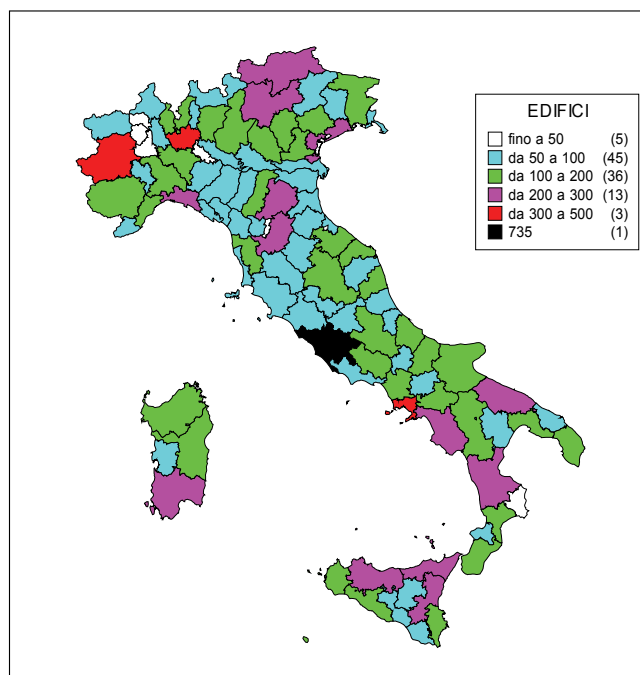


Fig. 3 - curva di concentrazione delle superfici (Fonte: CRESME per ENEA)

La distribuzione territoriale, per provincia, è riportata nella figura seguente.



4.2 Metodologia

La valutazione dei consumi attuali è stata ottenuta simulando, per ciascuna destinazione d'uso, un set di 6 diversi edifici tipo, differenziati per localizzazione climatica (Nord, Centro, Sud) e per età (Ante 373/76 e Post 373/76).

Per ciascuna tipologia edilizia, individuata per la corrispondente destinazione d'uso, localizzazione climatica ed età, sono stati quindi calcolati i consumi, prendendo a riferimento l'edificio tipo, e moltiplicandone il valore ottenuto per la corrispondente consistenza numerica.

Le zone climatiche prese a riferimento sono: la zona C per il SUD (Gradi Giorno medi pari a 1143), la zona D per il Centro (Gradi Giorno 1677) e la zona E per il Nord (Gradi Giorno 2440).

Infine, a ciascuna tipologia edilizia sono stati applicati i possibili interventi di efficientamento, valutandone le ricadute in termini di efficienza e di riduzione dei costi energetici.

Gli interventi previsti rispondono, dal punto di vista energetico, agli standard prescritti da DLgs 192/05 e successive modifiche. Gli interventi sono stati applicati nelle diverse destinazioni d'uso, considerando solo quelli effettivamente applicabili e realizzabili con un impatto contenuto sulla continuità d'uso degli edifici interessati.

Gli interventi presi in considerazione sono:

- Isolamento termico del solaio di copertura
- Isolamento termico copertura e pareti opache perimetrali disperdenti
- Sostituzione degli Infissi
- Adeguamento del sistema di regolazione dell'impianto di climatizzazione (valvole termostatiche e simili)
- Sostituzione del generatore di calore,
- Regolazione impianto illuminazione (sensori di presenza)
- Sostituzione/rifacimento impianto illuminotecnico (lampade ad alta efficienza)
- Pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria
- Schermature solari esterne sulle facciate Sud
- Sostituzione Impianto di condizionamento (per i soli uffici)

4.3 Valutazione dei consumi e dei costi attuali

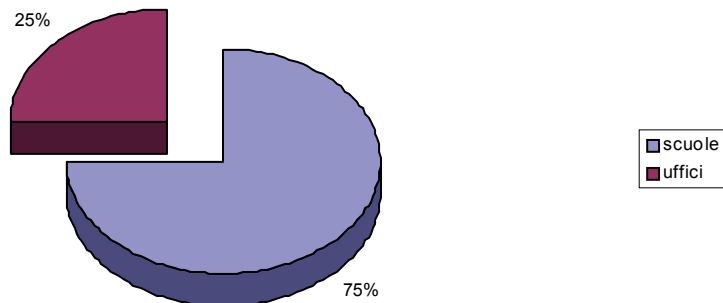
Una valutazione realizzata dalla CONSIP stima il totale dei costi energetici dello stato (compresi i carburanti per autotrazione) in circa 4,5 Miliardi di Euro. È da notare che in questo caso vi è una parte di consumi che non viene investigata, e sulla quale non si interviene, ed è quella relativa ai

consumi degli apparati da ufficio (computers, stampanti etc) e dei sistemi di sollevamento (ascensori e montacarichi). Si ritiene, a seguito di alcune analisi effettuate su alcuni edifici di recente, che il peso di questa porzione di consumi possa incidere per circa un terzo sul totale dei consumi energetici di un edificio direzionale.

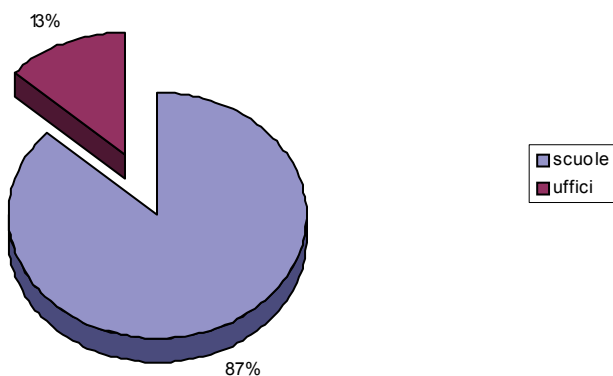
Uno studio parametrico sui consumi per riscaldamento, realizzato nel 2007 stima i costi di combustibili per riscaldamento (senza IVA) in circa 1,6 Miliardi di Euro. Questo dato, rapportato alla totalità dei dipendenti occupanti edifici riconducibili ad enti che sono oggetto di questo studio, vale circa 1,2 Miliardi di Euro.

Grazie al modello messo a punto per questo studio è stato possibile ricostruire la composizione dei parziali di ciascuna tipologia di edificio, il dato complessivo (costi totali per termico = 1,209 Mio €) differisce per difetto dal dato CONSIP, poiché, come detto, in questa indagine non vengono prese in considerazione tutte le unità immobiliari, ma solo quelle totalmente destinate ad uffici.

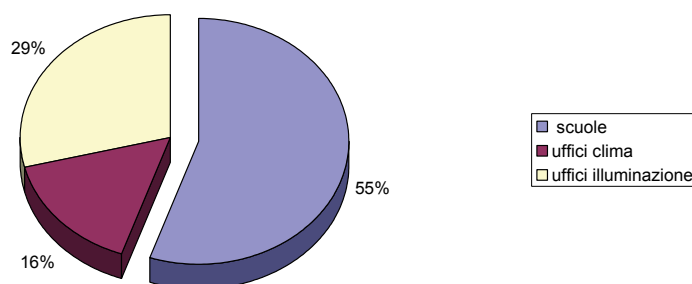
Stato attuale: Energia Primaria
(Totale=2,2 MTEP)



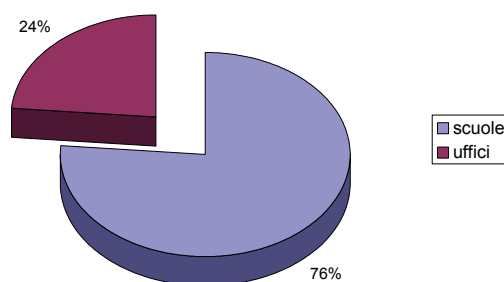
Stato attuale: Consumo energia termica
(totale= 14,5 Mio MWh)



Stato Attuale: Consumi Elettrici
(Totale 3,5 Mio MWh)



Stato attuale: Costi energetici
(Totale 1,800 Mio €)



4.4 Interventi di efficientamento: Risultati

4.4.1 Scuole

Si ipotizza che sia opportuno intervenire su circa 15,000 edifici (circa il 35% del totale), con una prevalenza degli edifici più vecchi e con percentuali di intervento maggiori al sud che al nord. L'intervento comporta un investimento di circa **6,500 Milioni di Euro**.

Nei grafici seguenti si riportano i risultati ottenibili con la strategia di intervento descritta, sia in termini di riduzione dei consumi energetici, che in termini di costi.

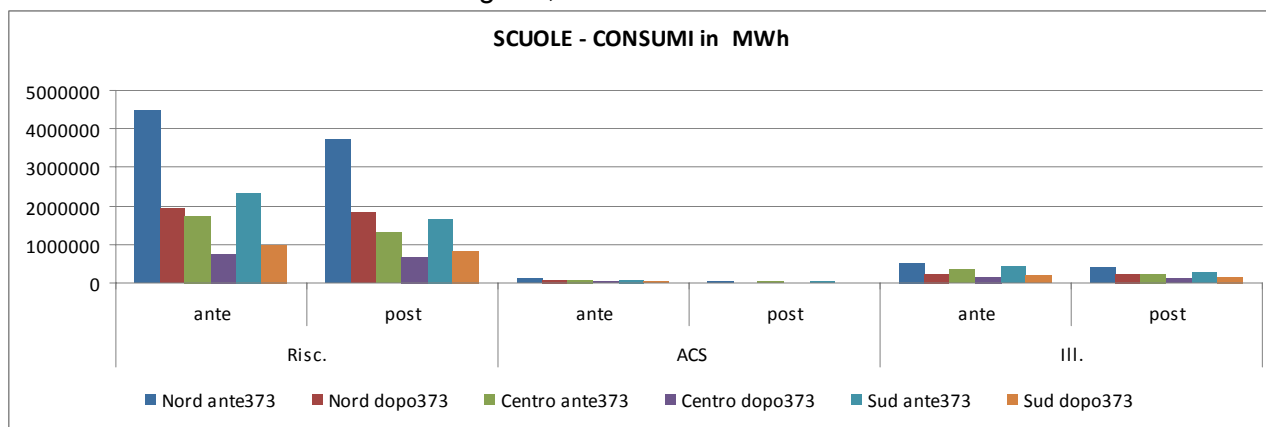


Fig. 4 - edifici scolastici: confronto tra i consumi ante e post intervento

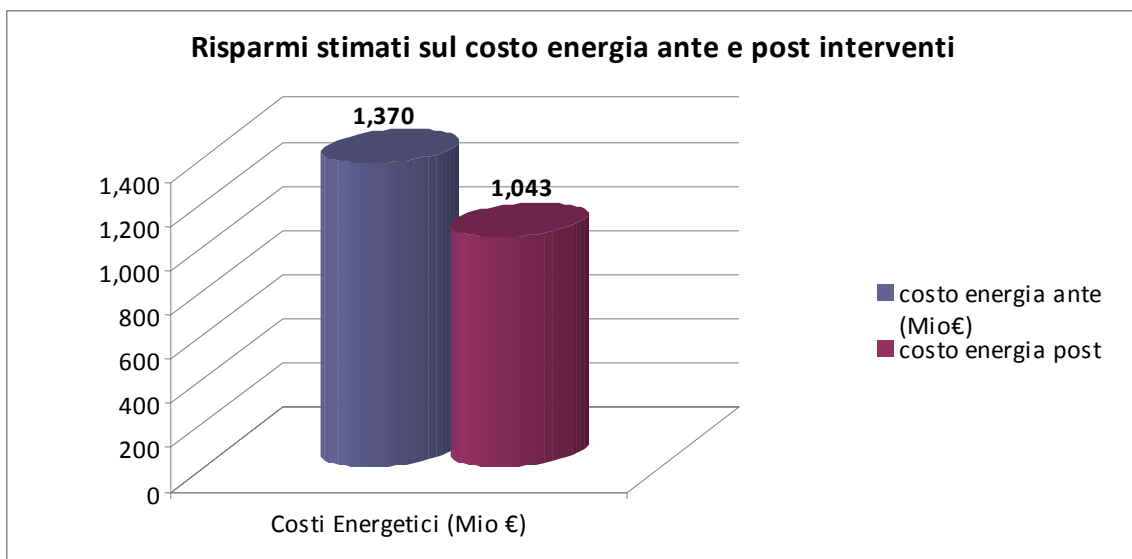


Fig. 5 - edifici scolastici: confronto tra i costi energetici ante e post intervento

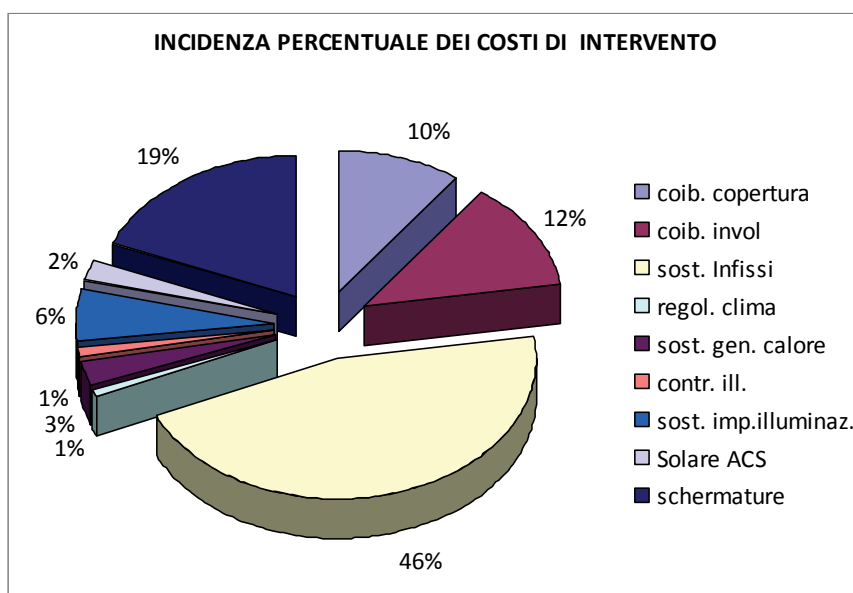


Fig. 6 - edifici scolastici: incidenza dei vari interventi sul costo complessivo

4.4.2 Direzionale

Anche in questo caso si è ipotizzato che sia necessario intervenire su circa il 35% del parco degli edifici. I costi complessivi per gli interventi previsti ammontano a circa 1,800 Milioni di Euro. Nei grafici seguenti si riportano i risultati ottenibili con la strategia di intervento descritta, sia in termini di riduzione dei consumi energetici, che in termini di costi.

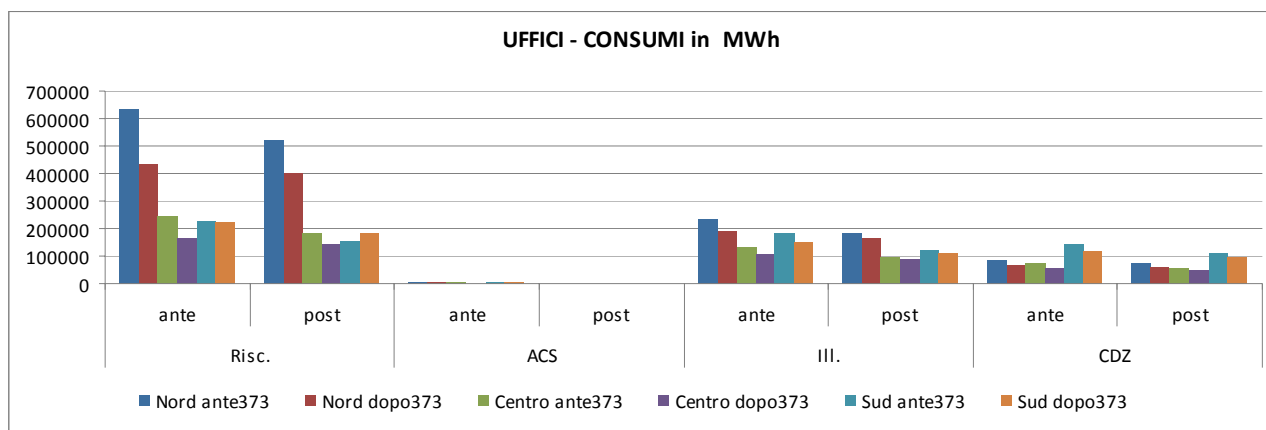


Fig. 7 - edifici direzionali: confronto tra i consumi ante e post intervento

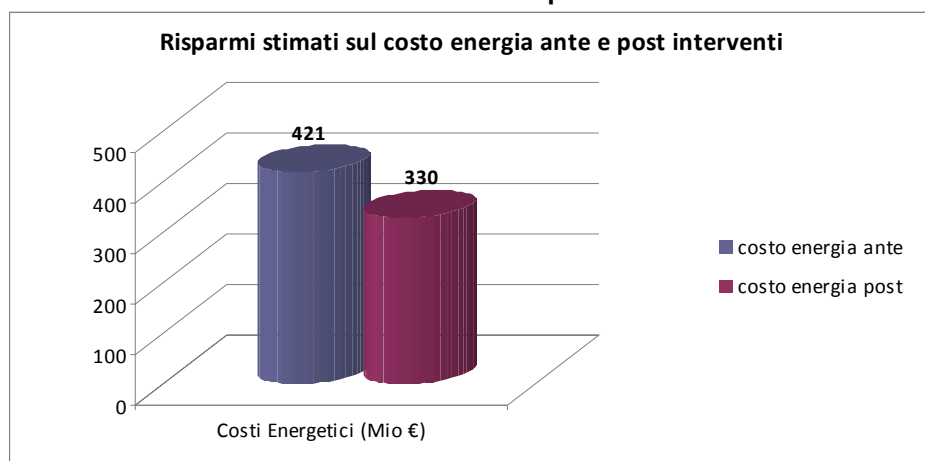


Fig. 8 - edifici direzionali: confronto tra i costi energetici ante e post intervento

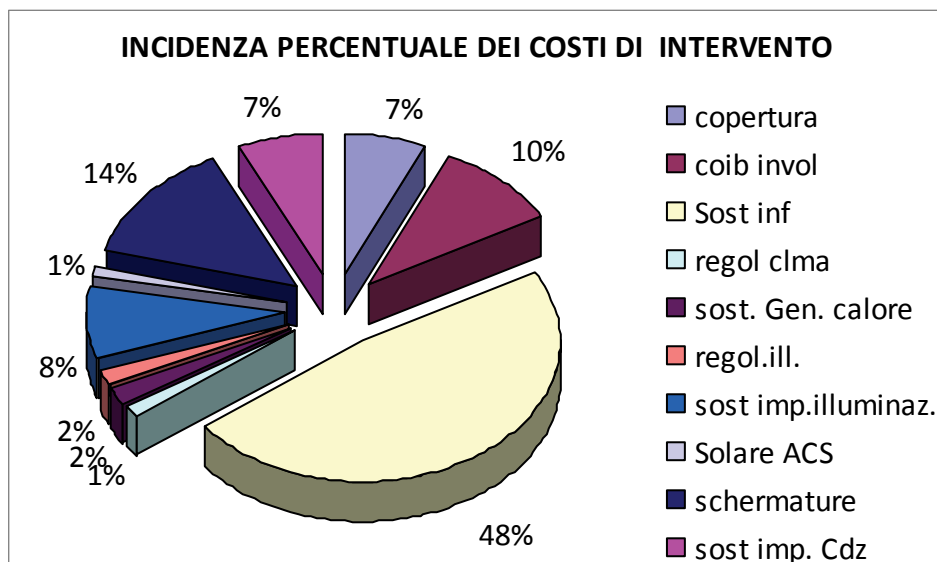


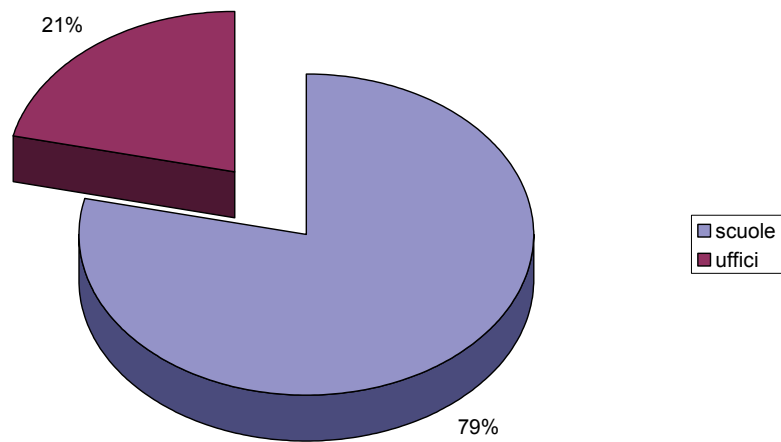
Fig. 9 - edifici direzionali: incidenza dei vari interventi sul costo complessivo

4.4.3 Valutazione dell'intervento complessivo

I costi ed i risparmi complessivi dell'intervento sono riportati nella seguente tabella

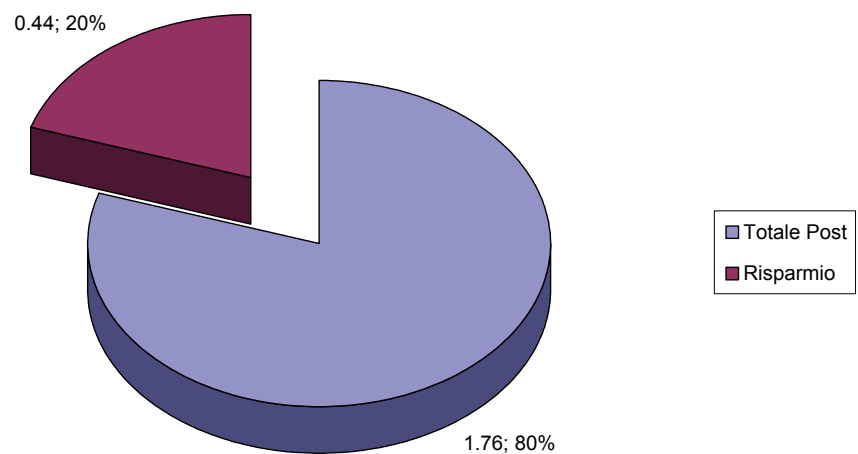
	Scuole	Uffici	Totale
Costi interventi Mio €	6,486	1,757	8,243
Risparmi Mio €	328	91	419

**Costi interventi
(Totale 8,200 Mio €)**



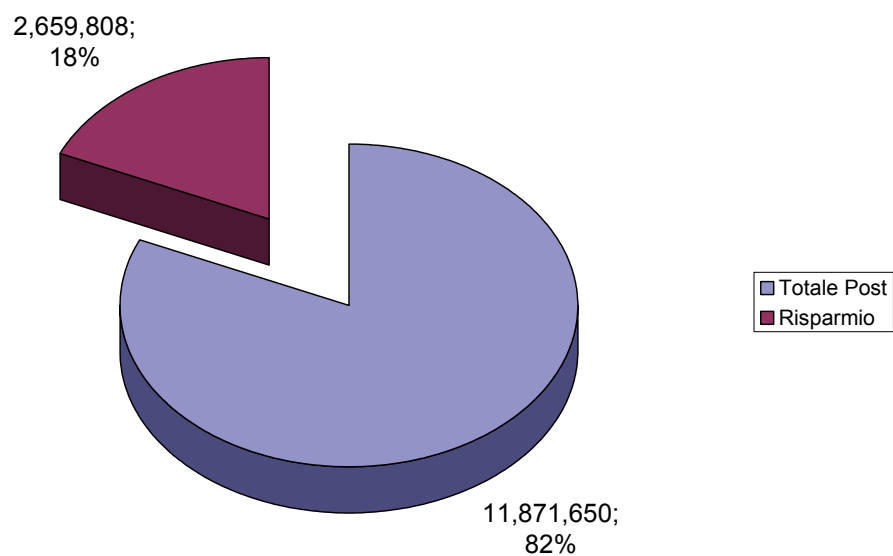
Nella tabella seguente sono riportati nel dettaglio i risultati complessivi della situazione energetica ed economica post intervento.
 Il risparmio in termini di energia primaria è dell'ordine del 20% (va ricordato che si è intervenuti sul 35% degli edifici)

Risparmio di Energia Primaria (MTEP)



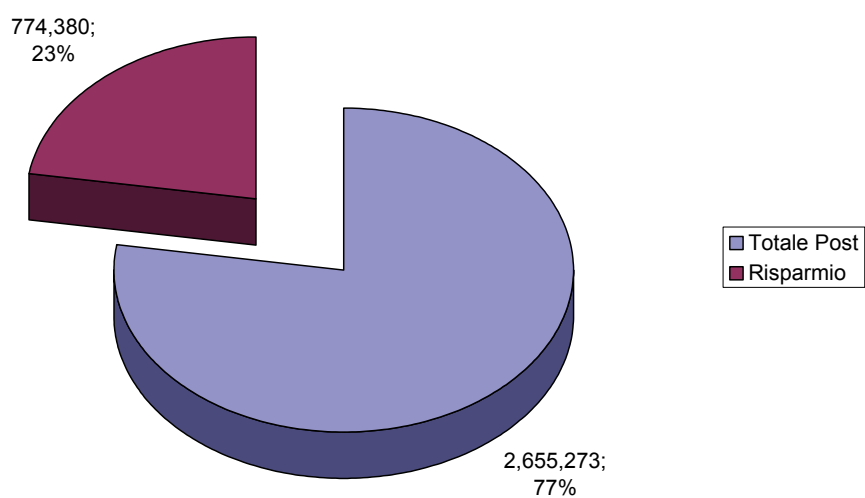
Il risparmio annuale, in termini di sola energia termica è dell'ordine del 18%, come evidenziato nel diagramma seguente

Risparmio Energia termica (MWh/anno)



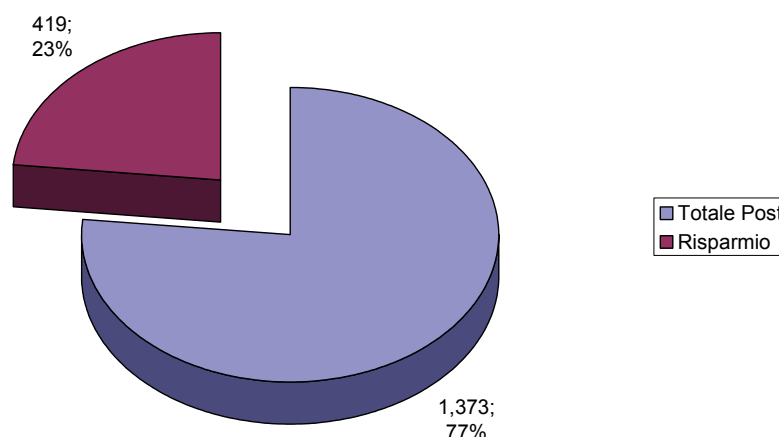
Il risparmio annuale, in termini di energia elettrica, è dell'ordine del 23%.

Risparmio Energia Elettrica (MWh/anno)



Il flusso di cassa generato dagli investimenti, prodottosi in seguito alla riduzione dei costi energetici, si aggira intorno al 23% della spesa ante intervento (427 Milioni di euro/anno).

**Variazione dei costi energetici
(Mio €)**



4.5 Benefici

Nella valutazione della convenienza di un intervento su larga scala, quale è quello che viene proposto con questo studio, vanno ovviamente presi in considerazione i benefici diretti (flusso di cassa generato dalla riduzione dei costi energetici), ma anche una serie di benefici indiretti che vengono generati sull'economia, come ben evidenziato in altra parte di questo documento.

Nella valutazione dei costi, tuttavia, va anche ricordato che l'intervento energetico viene normalmente posto in essere in occasione di interventi di pesante ristrutturazione, resi necessari per obsolescenza: si tratta di interventi che andrebbero in ogni caso realizzati, perché gli edifici sui quali si deve intervenire presentano problemi di sicurezza e di stabilità che consigliano la realizzazione di interventi radicali. Questo fatto contribuisce a ridurre drasticamente il peso economico dell'extra costo energetico.

Nel caso delle scuole, per esempio, è stato di recente valutato che è necessario intervenire su un numero significativo di edifici, valutando l'impegno economico in circa 8 Miliardi di euro. Va da sé che, in presenza di questi importanti interventi comunque da effettuare, il tempo di ritorno dell'investimento in efficienza energetica si accorcia significativamente.

Vi è tuttavia un terzo tipo di benefici che, seppur difficile da valutare, andrebbe preso in considerazione: si tratta del miglioramento della qualità ambientale degli edifici che normalmente accompagna intervento energetico. Nella vita utile di questo tipo di edifici, oltre l'80 % dei costi è riconducibile al costo del personale, mentre i costi di costruzione sono nell'ordine del 5%, e i costi energetici e di manutenzione sono nell'ordine del 3 %.

Un investimento in efficienza energetica ha dunque un impatto diretto sull'8% dei costi complessivi dell'edificio (ed è quello che normalmente viene preso in considerazione in questo tipo di studi), ma ha anche un effetto indiretto molto importante sull'80%, rappresentato dai costi per il personale, perché, contribuendo sostanzialmente a migliorare le condizioni di lavoro, permette di migliorare la produttività.

Maggiori dettagli sono riportati in [2].

5 Caratterizzazione energetica del settore alberghiero in Italia

Il settore del turismo rappresenta circa il 7,5 % del prodotto interno lordo italiano, secondo alcune recenti statistiche [2]. Tra le diverse tipologie dei servizi ricettivi (hotel, residence, campeggio, ostello, bed & breakfast), gli alberghi costituiscono da soli circa il 45 % della capacità ricettiva complessiva. Nel 2005, il settore alberghiero ha totalizzato 1'870'000 posti letto. La maggior parte è costituita da posti letto in alberghi 3 e 4 stelle. Per gli alberghi a 3 stelle, la quota sul totale posti letto è 51%, mentre per i 4 stelle la quota è circa 27%.

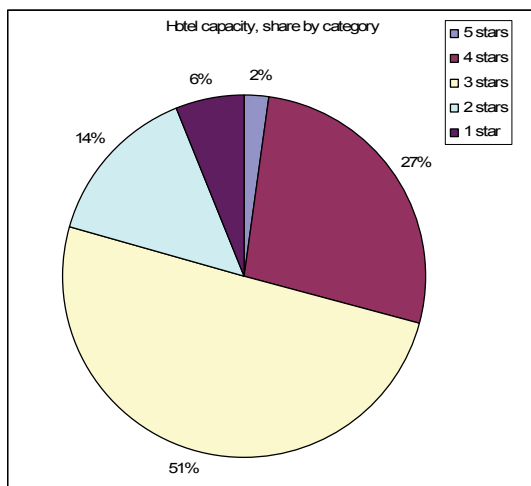


Fig. 10 Capacità ricettiva degli alberghi, misurata come numero di posti letto, suddivisa per categoria.

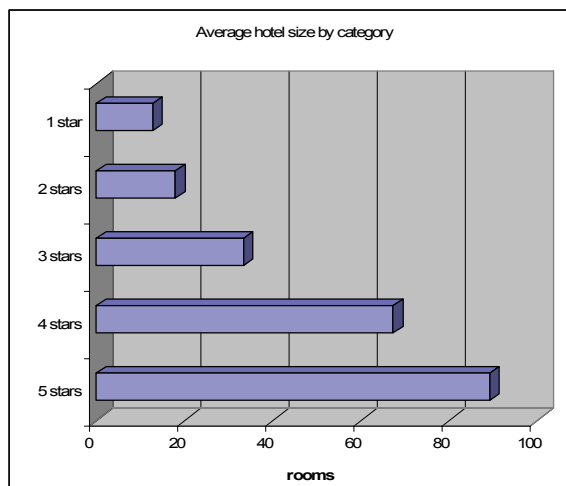


Fig. 11 Dimensione media degli alberghi espressa come numero di stanze, suddivisa per categoria.

La grandezza media di un albergo varia notevolmente in funzione della categoria. Gli alberghi a 1 o 2 stelle sono in media molto piccoli, 10 - 15 stanze. All'opposto, gli alberghi a 5 stelle sono molto grandi, con una taglia media pari a 90 stanze. Per quanto riguarda gli alberghi a 3 e 4 stelle, la media si aggira intorno a 30 stanze per i 3 stelle e 65 stanze per i 4 stelle. Si ritiene che una tipologia di albergo molto diffusa debba avere circa 25 stanze, come evidenziato dalla curva di distribuzione per numero di stanze che mostra un picco in corrispondenza di tale valore (2). Ad ogni modo, la curva di distribuzione evidenzia come nella realtà gli alberghi abbiano taglie molto variabili: in particolare, gli alberghi a 4 stelle sono distribuiti lungo un intervallo di grandezza molto ampio, da un minimo di 15 a un massimo di 180 stanze.

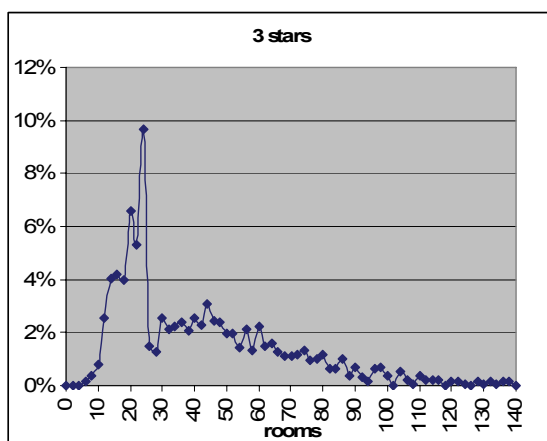


Fig. 12 Capacità ricettiva degli alberghi, misurata come numero di posti letto, suddivisa per categoria.

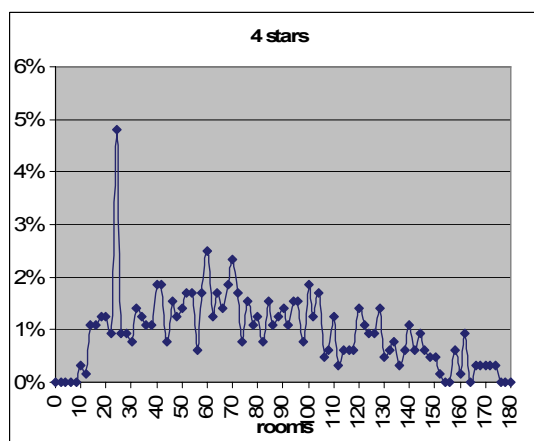


Fig. 13 Capacità ricettiva degli alberghi, misurata come numero di posti letto, suddivisa per categoria.

5.1 Evoluzione del mercato

Il numero medio di visitatori all'anno ammonta a circa 220 milioni, con un tasso di occupazione degli alberghi che si aggira intorno al 45 %. Il basso tasso di occupazione è conseguente al carattere stagionale della domanda nel settore alberghiero, sebbene esistano alcuni dubbi circa l'attendibilità di questo dato. La stagionalità è molto più marcata in Sardegna, Sicilia ed Emilia Romagna, dove l'occupazione media delle strutture ricettive si attesta attorno al 10 - 20 % durante la stagione invernale e oltrepassa il 70 - 80 % durante la stagione estiva. Al contrario, il profilo di

² La curva di distribuzione è una rielaborazione approssimata su dati ISTAT, che si è basata sulla grandezza degli alberghi presenti in piccoli centri. Il campione non è dunque omogeneo.

occupazione annuale è quasi piatto in Lombardia e Lazio, dove sono situati il maggior numero di alberghi di tipo business. Il profilo di occupazione annuale in Trentino e Valle d'Aosta mostra due picchi, uno in inverno ed uno in estate, essendo l'affluenza turistica caratterizzata da una doppia stagionalità nelle località di montagna.

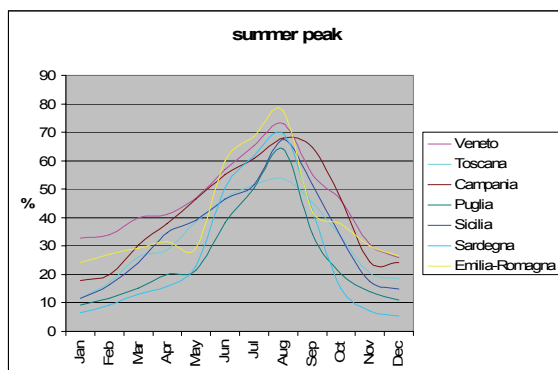


Fig. 14 Profilo di occupazione dei posti letto negli alberghi 3 e 4 stelle, media per regione.

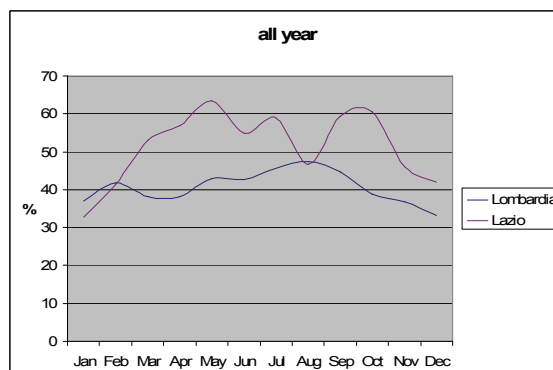


Fig. 15 Profilo di occupazione dei posti letto negli alberghi 3 e 4 stelle, media per regione.

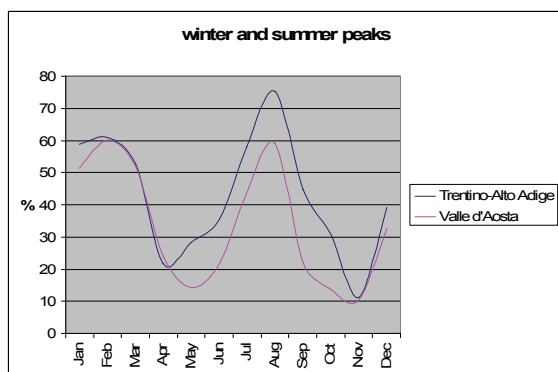


Fig. 16 Profilo di occupazione dei posti letto negli alberghi 3 e 4 stelle, media per regione.



Fig. 17 Tasso di crescita annuo per ciascuna categoria alberghiera, anni 2004 - 2006.

5.2 Analisi del fabbisogno energetico

Gli alberghi confortevoli dispongono in generale dei seguenti servizi:

- stanze per gli ospiti
- reception
- aree comuni (caffé, bar, relax, lounge)
- sale conferenza
- sale ristorante
- area fitness
- piscina
- locali di servizio (cucina, lavanderia, uffici).

Alcune dati caratteristici circa la conformazione di alcuni alberghi 4 stelle e i relativi fabbisogni di energia vengono brevemente presentati nel seguito. Tali dati sono stati rielaborati sulla base di un'indagine statistica svoltasi nel 2005 [3]. La dimensione media del campione di alberghi è di circa 150 stanze. Tutti gli alberghi del campione sono dotati di sala conferenza, ristorante e servizio lavanderia, e sono aperti tutto l'anno.

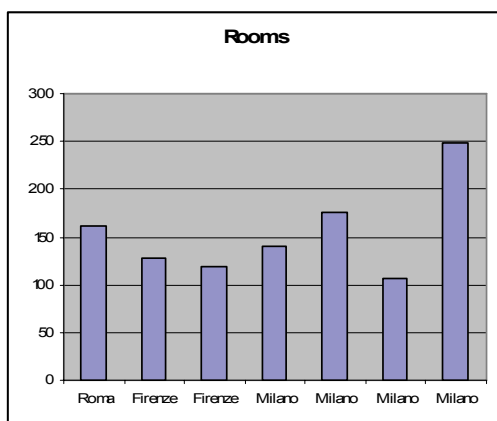


Fig. 18 Numero di stanze per ciascun elemento del gruppo di alberghi selezionato.

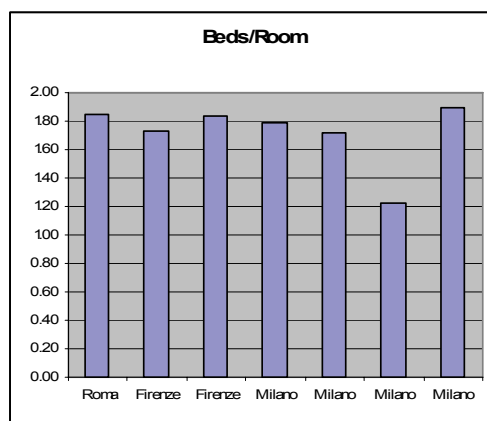


Fig. 19 Numero di posti letti medio per stanza per ciascun elemento del campione di alberghi.

Le informazioni raccolte nell'indagine sono relative al numero di posti letto, alla superficie calpestabile di ciascuna area (stanze degli ospiti, sala conferenza, ristorante, locali di servizio, aree comuni, spazio) ed, in particolare, dello spazio condizionato, al consumo di combustibile ed elettricità.

Il numero medio di letti per stanza è alquanto simile all'interno del campione; il valore più frequente è 1.8 letti per stanza. Lo stesso si può dire per la superficie media delle stanze, e un valore medio di 20 m² è molto comune. La superficie della sala conferenze non è direttamente collegabile alla dimensione dell'albergo: il valore specifico varia all'interno di un ampio intervallo, da 1 a 7 m² per stanza. Circa la superficie del ristorante, il valore specifico medio si aggira intorno a 3 m² per stanza. La superficie specifica dei locali di servizio varia tra 3 e 11 m² per stanza, la superficie specifica delle aree comuni tra 2 e 6 m² per stanza e la superficie delle zone condizionate varia tra 30 e 45 m² per stanza.

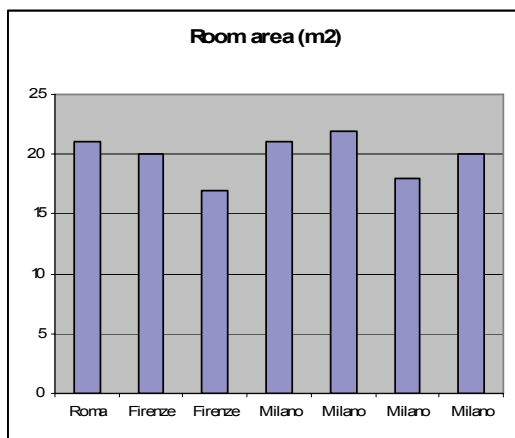


Fig. 20 Superficie specifica delle stanze degli ospiti per ciascun albergo del campione.

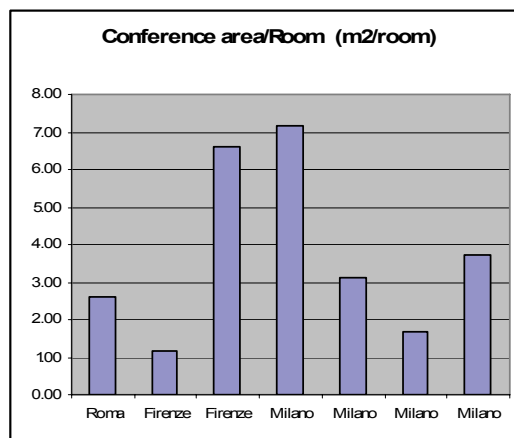


Fig. 21 Superficie specifica delle sale conferenza per ciascun albergo del campione.

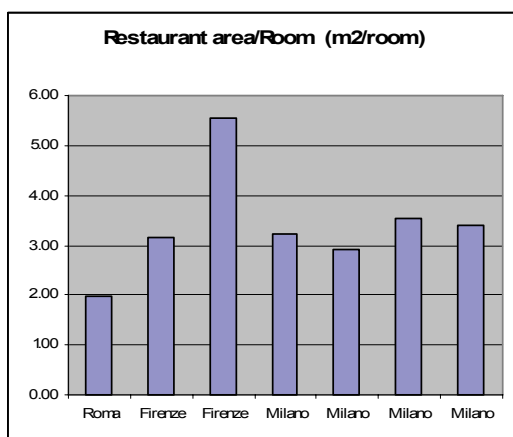


Fig. 22 Superficie specifica della sala ristorante per ciascun albergo del campione.

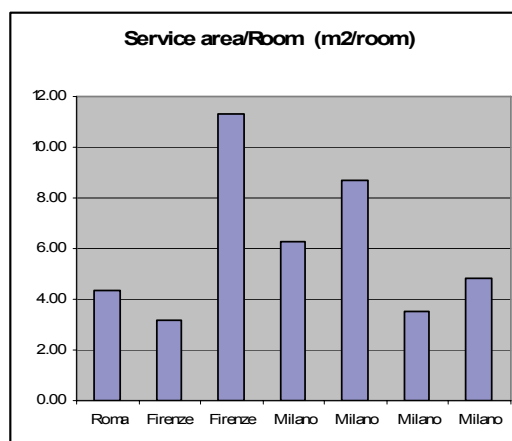


Fig. 23 Superficie specifica dei locali di servizio per ciascun albergo del campione.

La domanda specifica di energia per riscaldamento varia tra 2.5 MWh per stanza (nel Centro) a 3.5 MWh per stanza (nel Nord). La domanda specifica di energia per la preparazione dell'acqua calda sanitaria varia da 3.8 a 4.4 MWh per stanza. Il consumo di energia elettrica varia da 5 a 11 MWh per stanza. La domanda di energia per raffrescamento varia tra 1 e 2.5 MWh per stanza nel Nord e tra 1 e 3.5 MWh per stanza nel Centro. Rispettivamente, tali consumi specifici equivalgono a 30 - 60 kWh/m² e 30 - 80 kWh/m².

5.3 Profili di carico

Per ogni gruppo analizzato, il fabbisogno orario di calore, raffrescamento ed elettricità è stato ricavato usando il programma di simulazione TRNSYS. Il fabbisogno di calore include sia il riscaldamento sia la preparazione dell'acqua calda sanitaria. I parametri termofisici dei quattro edifici tipo sono stati stimati e validati in base alla dimensione di ciascun edificio tipo e ai dati di fabbisogno resi noti attraverso le indagini precedentemente descritte. La cucina è stata separata dal resto dei locali di servizio in quanto in questa zona la ventilazione raggiunge valori particolarmente elevati e il livello di comfort raggiunto è lontano da quello degli altri locali. Per praticità, la parte restante dei locali di servizio è stata aggregata nelle aree comuni. Infine, si è assunto che gli alberghi a 3 stelle non siano dotati di sala conferenze e il ristorante sia aperto soltanto per colazione. L'edificio tipo è disposto su 4 piani. Ristorante, cucina, reception, lounge e sala conferenze si trovano a piano terra. Le stanze degli ospiti sono situate al primo, secondo e terzo piano.

I carichi di riscaldamento e di raffrescamento sono stati calcolati assumendo i seguenti valori di comfort per temperatura e umidità relativa degli spazi condizionati: 22°C, 50% u.r. in inverno e 25°C, 50% u.r. in estate, in ogni zona ad eccezione della cucina.

Lo standard costruttivo degli edifici simulati è stato scelto in base agli standard costruttivi più diffusi tra le costruzioni recenti, negli ultimi 25 anni [8]. La trasmittanza media dell'involucro è risultata pari a 1.35 W/m²K e le finestre sono dotate di infissi a doppi vetri ($U=2.83$ W/m²K e $\alpha = 0.693$).

Gli apporti interni e i consumi di acqua calda sanitaria sono assunti variabili in proporzione al tasso di occupazione. I rispettivi valori di picco sono riportati di seguito per i due alberghi tipo, insieme ad alcuni esempi del profilo di carico simulato nel caso di albergo a 4 stelle di 112 stanze di tipologia Business ubicato in Centro Italia.

Sono quindi stati ricavati 20 file di carico corrispondenti a ciascun cluster contenenti i seguenti dati:

- ora (1..8760)
- temperatura esterna [°C]
- umidità relativa esterna [kg/kg]
- radiazione solare sul piano orizzontale [W/m²]
- potenza elettrica media [kW]
- calore per acqua calda sanitaria [kW]
- calore per riscaldamento [kW]
- potenza frigorifera per raffrescamento [kW]

Maggiori dettagli sono disponibili in [3].

6 Analisi comparata su procedure di certificazione energetica applicate a edifici-tipo

L'indagine svolta per il presente studio (dettagliato in [4]) ha mosso da una rassegna dello stato di recepimento della EPBD – Direttiva europea sull'efficienza energetica in edilizia – tra i diversi Paesi della UE.

Le principali procedure di calcolo adottate per la certificazione energetica degli edifici in alcuni paesi (Austria, Francia, Germania, Inghilterra, Portogallo e Spagna) sono state approfondite ed applicate per comparazione, accanto a quella italiana, ad edifici-tipo del contesto climatico italiano. Il confronto tra le diverse potenzialità date dai metodi e/o modelli considerati nell'analisi ha consentito di evidenziare possibili implementazioni procedurali da proporre a livello nazionale.

Nella prima fase dello studio sono state effettuate alcune valutazioni energetiche su quattro tipologie di edifici residenziali, rappresentative di altrettanti rapporti S/V, volte a confrontare la sensibilità del metodo di stima del bilancio energetico semplificato nazionale rispetto ad una valutazione energetica dettagliata con codice di calcolo dinamico.

Successivamente l'indagine ha visto l'applicazione dei metodi di calcolo adottati nei paesi europei precedentemente selezionati (utilizzando fogli di calcolo/tools di libero accesso, verosimilmente più utilizzati nella prassi professionale ricorrente) a due edifici residenziali (monofamiliare e plurifamiliare) ed una palazzina del terziario (uso uffici), confrontandone i risultati con quelli ottenuti in applicazione delle più recenti norme nazionali italiane UNI/TS11300.

Agli edifici-tipo sono state assegnate caratteristiche di involucro differenziate, al fine di valutare la sensibilità dimostrata da ciascuna metodologia di bilancio nel considerare gli effetti della capacità termica, considerati i risultati evidenziati nella fase precedente, contrapponendo ad una stratigrafia di involucro "standard", costituita da due strati di mattoni forati con interposto isolante, una stratigrafia più leggera e una più massiva.

I confronti tra le diverse metodologie di calcolo sono stati risolti in riferimento ai fabbisogni termici dell'edificio, eludendo le attribuzioni impiantistiche che riconducono alla stima dei consumi energetici. Tale strategia, coerente con la prioritaria importanza da attribuirsi alla prestazione passiva dell'edificio (responsabile delle attribuzioni impiantistiche), ha consentito di contenere il numero delle perturbazioni influenti gli esiti delle analisi da confrontare.

Per l'applicazione della procedura italiana, gli edifici sono stati considerati in una località climatica del nord Italia (Milano), allo scopo di concertare mediamente risultati di ordine di grandezza proporzionato a quello dei risultati ottenuti in applicazione delle procedure contemplate delle altre nazioni europee.

6.1 Analisi delle potenzialità date da ciascuna metodologia

Per quanto riguarda l'applicazione delle metodologie relative agli edifici residenziali, dal punto di vista delle differenze di risultato apprezzabili in ciascuna procedura tra le diverse strutture di involucro (laddove la variazione di involucro sia contemplata, dunque ad esclusione della procedura francese e di quella inglese), si riassumono prestazioni crescenti all'aumentare della capacità termica. I valori di fabbisogno energetico annuale rilevati in applicazione delle diverse procedure analizzate nel presente studio sono riassunti nelle tabelle che seguono³.

³ In termini assoluti i risultati dello studio sono difficilmente confrontabili, non solo a causa delle diverse realtà climatiche considerate, ma anche a causa delle differenti assunzioni determinate da alcuni parametri di default contemplati dalle singole procedure.

Edifici-tipo residenziali - Fabbisogno di energia stagionale per riscaldamento [kWh/m²a]				
Nazione	Edificio	Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
ITALIA	Ed. Plurifam.	26.87	27.53	28.72
	Ed. Unifam.	57.81	58.18	58.94
AUSTRIA	Ed. Plurifam.	44,82	45,05	45,41
	Ed. Unifam.	82.15	82.76	83.34
FRANCIA	Ed. Plurifam.		46,78	
	Ed. Unifam.		92,45	
GERMANIA	Ed. Plurifam.	58,00	58,80	60,10
	Ed. Unifam.	111,60	112,40	112,40
INGHILTERRA	Ed. Plurifam.		80,77	
	Ed. Unifam.		116,93	
PORTOGALLO	Ed. Plurifam.	46,01	46,01	48,01
	Ed. Unifam.	98,31	98,31	99,22
SPAGNA	Ed. Plurifam.	38.20	38.90	39.10
	Ed. Unifam.	64.10	66.50	67.00

tab. 6 - Tabella 1: Fabbisogno energetico per riscaldamento determinato in applicazione delle diverse metodologie (edifici-tipo residenziali).

Edifici-tipo residenziali - Fabbisogno di energia stagionale per raffrescamento [kWh/m²a]				
		Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
ITALIA	Ed. Plurifam.	29.24	29.36	30.29
	Ed. Unifam.	27.60	27.76	27.77
AUSTRIA	Ed. Plurifam.	18.91	31.00	35.88
	Ed. Unifam.	11.94	19.56	25.23
GERMANIA	Ed. Plurifam.	8,20	9,40	11,00
	Ed. Unifam.	3,40	4,40	4,40
PORTOGALLO	Ed. Plurifam.	19,67	19,67	19,98
	Ed. Unifam.	21,82	21,82	22,32
SPAGNA	Ed. Plurifam.	12.00	12.50	13.20
	Ed. Unifam.	12.50	13.40	14.80

tab. 7 - Fabbisogno energetico per raffrescamento determinato in applicazione delle diverse metodologie (edifici tipo residenziali).

In particolare, il diverso “peso” attribuito alla capacità termica è rappresentato nei grafici che seguono, in termini di differenze percentuali di fabbisogno energetico rilevabili con le tipologie di involucro standard e massivo rispetto alla tipologia leggera.

Per quanto riguarda il riscaldamento invernale, le differenze percentuali di fabbisogno risultano contenute nell’ambito di pochi punti percentuali.

Nell’ambito di questo margine, emerge una maggiore sensibilità attestata in applicazione della procedura italiana⁴ per l’edificio plurifamiliare ed in applicazione di quella spagnola per l’edificio unifamiliare.

La procedura portoghese non distingue incidenza diversa tra involucro massivo e standard, e quella

tedesca non distingue, per il solo edificio unifamiliare, una differenza tra involucro standard e leggero per i motivi già descritti in fase di definizione dei dati di input.

La procedura spagnola attribuisce un maggiore peso al contributo dell’involucro edilizio, rivelando

⁴ E’ stato verificato che molto peso è dato, qui come per anche le altre procedure, dal carico termico interno: riducendo l’apporto da 4.5 W/m2 a 3 W/m2 lo scarto del 6.4 % si riduce al 4 %

per l'edificio unifamiliare (maggiore rapporto S/V) un significativo aumento della riduzione percentuale dei fabbisogni (nell'ordine del 200%) per entrambe le soluzioni, massiva e standard.

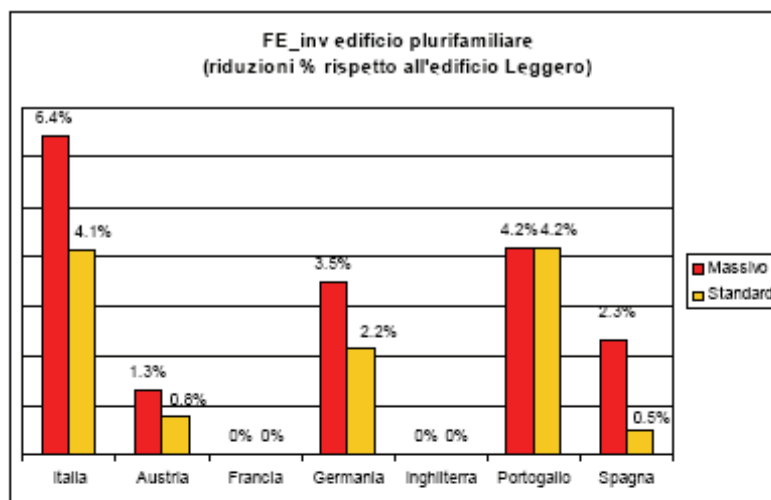


Grafico1: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per riscaldamento invernale (edificio plurifamiliare)

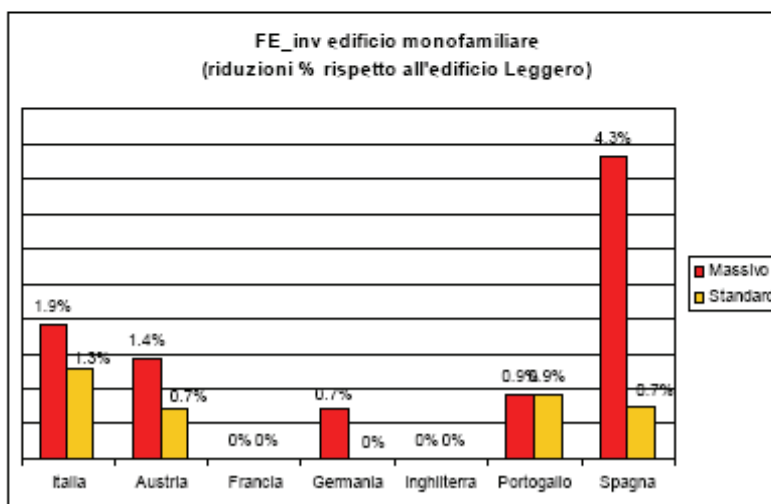


Grafico2: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per riscaldamento invernale (edificio monofamiliare)

Per quanto riguarda il raffrescamento estivo, le differenze percentuali di fabbisogno risultano particolarmente accentuate in applicazione della procedura austriaca (a causa, da un lato, del carico termico interno doppio rispetto al corrispondente caso invernale e, dall'altro lato, della strategia di raffrescamento notturno) e, in seconda istanza, in applicazione di quella tedesca. Per quest'ultima, relativamente al caso di edificio unifamiliare, se confrontato con quello relativo all'edificio plurifamiliare, si evidenzia che, da un lato, lo scarto percentuale tra massivo e leggero diminuisce, a causa dei carichi termici interni considerati dimezzati rispetto a quelli attribuiti all'edificio plurifamiliare, e che, dall'altro lato, lo scarto tra standard e leggero si azzerava, per i motivi già descritti in fase di definizione dei dati di input.

La procedura spagnola anche per il caso estivo attribuisce inequivocabilmente un maggiore peso al contributo dell'involucro edilizio, rivelando per l'edificio unifamiliare (maggiore rapporto S/V) un aumento delle riduzioni percentuali di fabbisogno per entrambe le soluzioni, massiva e standard, di entità analoga a quanto precedentemente citato per il caso invernale.

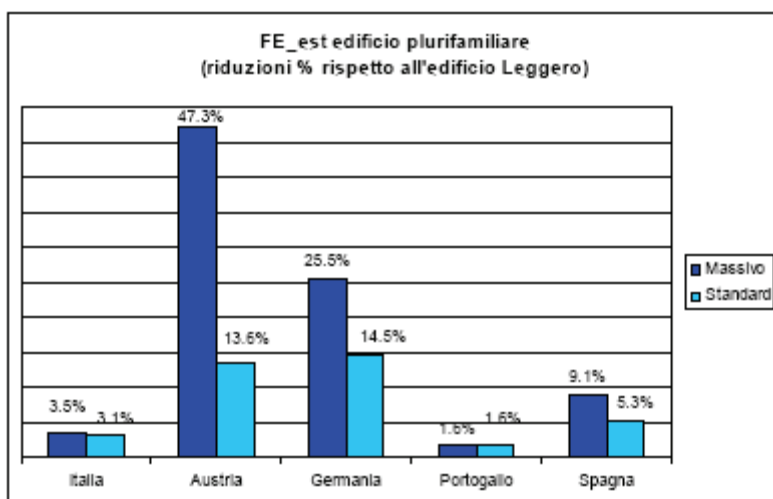


Grafico3: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per raffrescamento estivo (edificio plurifamiliare)

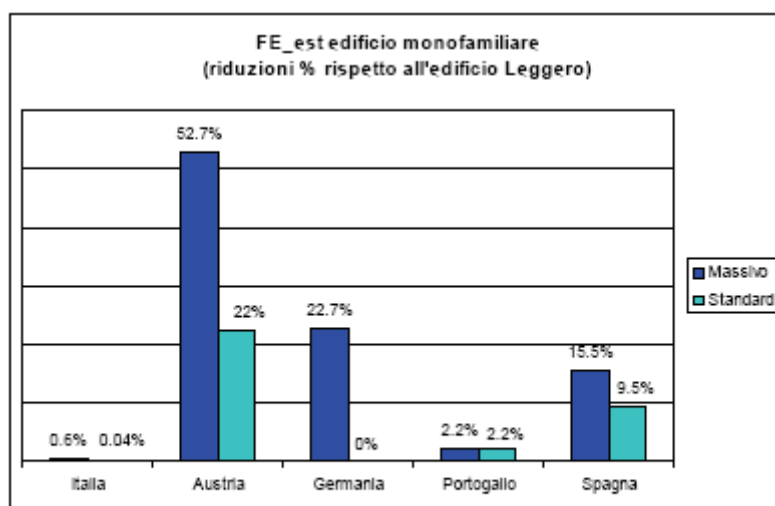


Grafico4: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per raffrescamento estivo (edificio monofamiliare)

Edificio-tipo per uffici - Fabbisogno di energia stagionale [kWh/m²a]				
Nazione	Edificio	Stratigrafia massiva	Stratigrafia standard	Stratigrafia leggera
ITALIA	Riscaldamento.	55.35	56.27	57.71
	Raffrescamento	26.71	26.84	27.30
AUSTRIA	Riscaldamento.	37.89	38.56	39.34
	Raffrescamento	25.75	39.77	44.17
GERMANIA	Riscaldamento.	56.68	58.43	58.10
	Raffrescamento	29.96	32.22	32.23
INGHILTERRA	Riscaldamento.	31.64	27.17	24.89
	Raffrescamento	86.56	90.44	95.17
PORTOGALLO	Riscaldamento.	11.25	11.65	12.39
	Raffrescamento	97.60	100.42	101.01
SPAGNA	Riscaldamento.	44.13	44.15	45.83
	Raffrescamento	81.34	83.45	85.28

tab. 8 - Fabbisogno energetico determinato in applicazione delle diverse metodologie (edificio-tipo uffici).

Mediamente il diverso “peso” attribuito alla capacità termica, in termini di differenze percentuali di fabbisogno energetico invernale rilevabili con le tipologie di involucro standard e massivo rispetto alla tipologia leggera, varia nell’ordine del 2-4% (ad esclusione dell’anomalia registrata per il caso inglese) mentre gli standard contemplati dalla procedura portoghese applicati tramite il software spagnolo (che rimanda al codice di calcolo DOE-2, contemplato dallo standard ASHRAE 140-2004) attestano uno scostamento di oltre il 9% di fabbisogno termico tra tipologia massiva e leggera.

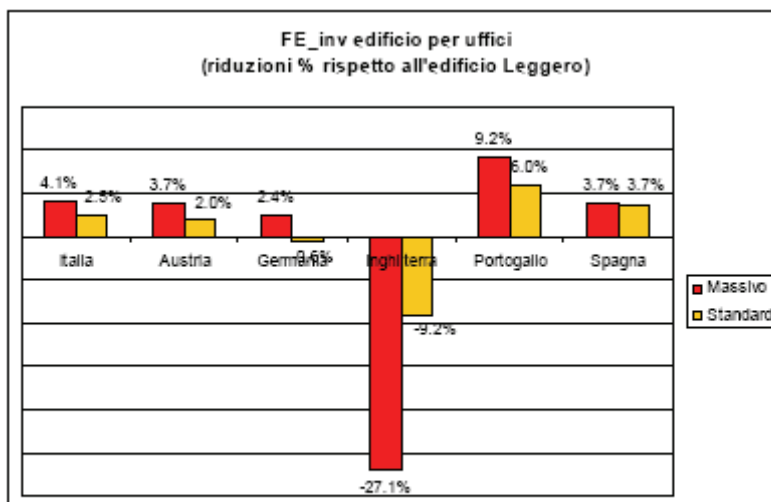


Grafico5: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per riscaldamento invernale (edificio per uffici)

Per quanto riguarda il fabbisogno estivo, analogamente ai casi residenziali emerge una distinta sensibilità della procedura austriaca nel diagnosticare la differenza prestazionale degli involucri più “pesanti” rispetto alla soluzione leggera, riducendo di oltre il 40% la domanda di energia frigorifera con la soluzione massiva

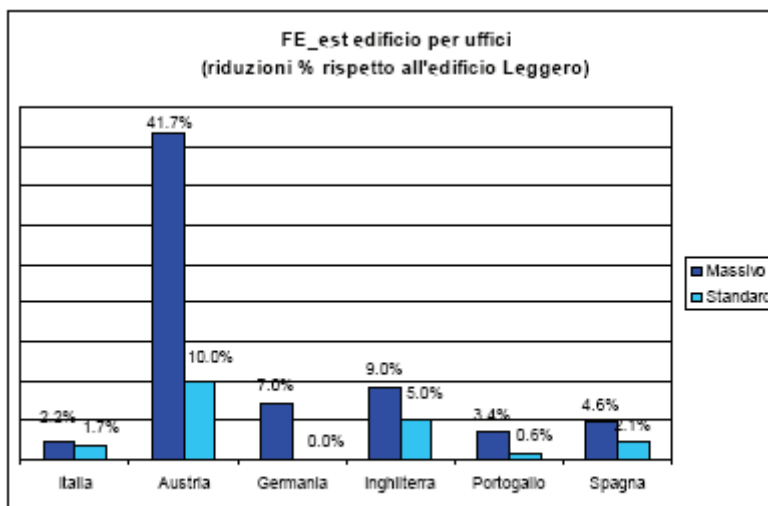


Grafico6: Confronto tra i risultati relativi al fabbisogno energetico per raffreddamento estivo (edificio per uffici)

6.2 Proposta di un modello di calcolo semplificato da implementare in contesto nazionale

In ragione dell’analisi delle diverse metodologie di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici e dei risultati emersi a seguito della loro applicazione, una proposta di modello di calcolo

semplificato per implementare una procedura nazionale non può eludere le considerazioni seguenti:

- qualunque sia il modello di calcolo, è indispensabile definire un set di parametri di input che non lasci ampia discrezionalità di scelta all'utente, al fine di garantire coerenza di confronto sui risultati dei diversi edifici sottoposti a certificazione
- i carichi interni e i ricambi d'aria da considerare nel bilancio energetico dell'edificio assumono un ruolo fondamentale nella determinazione dei fabbisogni termici, in particolar modo durante la stagione estiva e distinguendo la fase diurna da quella notturna
- le procedure di assegnazione della capacità termica dell'edificio di prima approssimazione possono rivelarsi lacunose per alcune morfologie edilizie e per determinate tecnologie costruttive

Ciò premesso, si prefigurano due possibili approcci: da un lato emerge la possibilità di affinare opportunamente le procedure di bilancio energetico di derivazione CEN, traducendole in strumenti semplici ma efficaci (anche assimilabili a fogli elettronici, quale quello austriaco) nel rispetto dei requisiti precedentemente citati, dall'altro lato risulta percorribile lo sviluppo di un software che, come nel caso spagnolo, consenta di avvalersi delle potenzialità date dai codici di calcolo complessi

(che risolvono l'analisi energetica del sistema edificio in regime dinamico, con l'opportunità di assegnare le caratteristiche impiantistiche modulate secondo curve di funzionamento) tramite un'interfaccia semplificata che contempli impostazioni parametriche appositamente vincolate (come previsto dalla procedura portoghese).

[1] CRESME “Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi Edificio-impianto: Caratterizzazione del parco immobiliare ad uso ufficio”.

[2] Marco Citterio, Gaetano Fasano (ENEA) “Indagine sui consumi degli edifici pubblici (Direzionale e Scuole) e potenzialità degli interventi di Efficienza Energetica”.

[3] Marcello Aprile (Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia) “Caratterizzazione energetica del settore alberghiero in Italia”

[4] Simone Ferrari, Valentina Zanotto et al. (Politecnico di Milano Dip.to BEST) – “Modelli di calcolo semplificati per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici: Analisi comparata su procedure di certificazione energetica in alcuni Paesi Europei”

[5] Francesca Margiotto, Giovanni Puglisi (ENEA) – “Caratterizzazione del parco edilizio nazionale: Determinazione dell'edificio tipo per uso ufficio” Ricerca di Sistema, Aprile 2009