



Ricerca di Sistema elettrico

Metodologie e strumenti per la raccolta di dati e la definizione di modelli di riferimento dei consumi energetici nel settore residenziale, terziario e pubblico

M. Caldera, A. Federici, F. Margiotta, A. Martelli, M. Nocera,
A. Pannicelli, S. Piccinelli, G. Puglisi, F. Zanghirella

METODOLOGIE E STRUMENTI PER LA RACCOLTA DI DATI E LA DEFINIZIONE DI MODELLI DI RIFERIMENTO DEI
CONSUMI ENERGETICI NEL SETTORE RESIDENZIALE E PUBBLICO

M. Caldera, A. Federici, F. Margiotta, A. Martelli, M. Nocera, A. Pannicelli, S. Piccinelli, G. Puglisi,
F. Zanghirella (ENEA)

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

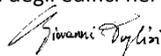
Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Tecnologie per costruire gli edifici del futuro

Obiettivo: Analisi e benchmark di consumi energetici degli edifici nei settori economici

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA



Indice

SOMMARIO	5
1 INTRODUZIONE.....	6
2 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CONSUMI PER RISCALDAMENTO: DEFINIZIONE ABITAZIONE-TIPO	7
2.1 SUPERFICI	9
2.2 TRASMITTANZA SUPERFICI OPACHE	10
2.3 TRASMITTANZA SUPERFICI TRASPARENTI.....	16
2.4 FORMA, ORIENTAMENTI E SUPERFICI DISPERDENTI	19
3 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CONSUMI PER RISCALDAMENTO: DETERMINAZIONE CONSUMI ENERGIA PRIMARIA	22
3.1 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA UTILE PER RISCALDAMENTO INTERMITTENTE	23
3.2 DETERMINAZIONE DELLE PRESTAZIONI IMPIANTISTICHE	28
3.2.1 RENDIMENTO DI EMISSIONE	28
3.2.2 RENDIMENTO DI REGOLAZIONE	29
3.2.3 RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE.....	29
3.2.4 RENDIMENTO DI GENERAZIONE	30
3.2.5 RENDIMENTO GLOBALE D’IMPIANTO	32
4 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CONSUMI PER RISCALDAMENTO: SOFTWARE DI SIMULAZIONE.....	33
4.1 MODELLO DI SIMULAZIONE	34
4.2 SIMULAZIONI.....	36
5 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CONSUMI PER RISCALDAMENTO: RISULTATI.....	38
5.1 PROFILI DI CONSUMO	38
5.2 CALCOLO DEI CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA	40
6 METODOLOGIA PER IL CALCOLO DEI CONSUMI PER ACS.....	48
6.1 DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER ACS.....	48
6.2 DETERMINAZIONE DELLE PRESTAZIONI IMPIANTISTICHE	49
6.2.1 RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE.....	50
6.2.2 RENDIMENTO DI GENERAZIONE	50
6.3 RISULTATI	52
7 MODELLO DI CALCOLO DEI CONSUMI ENERGETICI PER USI COTTURA	53
7.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CONSUMI PER USI COTTURA	53
7.1.1 FORNI	53
7.1.2 PIANI COTTURA.....	55
7.2 RISULTATI	56
7.3 VALIDAZIONE.....	60
8 RISULTATI COMPLESSIVI	66
9 REALIZZAZIONE DI UN PORTALE INFORMATICO PER L’INSERIMENTO DEI CONSUMI ANNUALI DELLE PUBBLICHE AMMINISTRAZIONI CENTRALI.	68
9.1 IMPLEMENTAZIONE BANCA DATI ENEA E FRONT END.....	70
<i>Pagina di login.....</i>	<i>71</i>
<i>Pagina di registrazione.....</i>	<i>71</i>
<i>Home page.....</i>	<i>72</i>
<i>Sezione per l’inserimento dei consumi</i>	<i>72</i>

9.2	ARCHITETTURA	76
9.3	DATABASE	77
	<i>Schema ER</i>	77
	<i>Dati impresa fornitrice</i>	78
	<i>Dati persona di riferimento</i>	78
	<i>Dati di fornitura (Dati PA)</i>	78
	<i>Dati di consumo elettrico</i>	78
	<i>Dati consumo per uso termico</i>	79
	<i>Corrispettivi pagati (per la sola fornitura dei vettori energetici)</i>	79
10	ANALISI DEL DATABASE DI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA INCENTIVATI NEL 2014 CON IL MECCANISMO DELLE DETRAZIONI FISCALI DEL 65%.....	79
10.1	LA STRUTTURA DEI DATABASE	80
10.2	PARAMETRI E VINCOLI	87
10.3	ANALISI DEI RISULTATI	88
	<i>Comma 344</i>	90
	<i>Comma 345a</i>	92
	<i>Comma 345b</i>	93
	<i>Comma 346</i>	95
	<i>Comma 347</i>	97
10.4	CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	97
11	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	98
	APPENDICE.....	99

Sommario

Negli ultimi anni un importante contributo al consumo totale di energia viene attribuito al settore residenziale, stimolando così la ricerca di soluzioni per promuovere l'efficienza energetica e sensibilizzare gli utenti ad un uso più razionale dell'energia stessa. In tal senso è proprio l'individuazione di profili di consumo finali dell'energia ad assumere un ruolo centrale nella ricerca di soluzioni per ridurre la domanda e aumentare l'efficienza nella produzione della stessa. Ragione, questa, per cui, conoscere le abitudini di consumo delle famiglie rappresenta un aspetto di fondamentale importanza per il raggiungimento degli obiettivi fissati dalle varie direttive europee.

In tale ambito ISTAT, in collaborazione con ENEA e MISE, ha realizzato l'indagine sui consumi energetici delle famiglie, per la prima volta in Italia nel 2013, su un campione rappresentativo a livello regionale di 20.000 famiglie e ha consentito di ricavare informazioni su caratteristiche, abitudini di consumi, tipologie impiantistiche e costi energetici delle abitazioni italiane, suddivisi per fonte primaria e uso finale (riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, cucina, illuminazione e apparecchiature elettriche).

Obiettivo finale della collaborazione è stato la creazione di una metodologia per la stima della partizione dei consumi energetici per utilizzo finale, sulla base delle informazioni rilevate dall'indagine ISTAT e relative ai parametri termo-fisici dell'abitazione, alle caratteristiche della famiglia, agli utilizzi di dotazioni e impianti, alle caratteristiche ambientali della zona di abitazione.

Tale metodologia servirà ad ENEA per ricostruire i profili di consumo degli edifici residenziali italiani sulla base di un campione statistico altamente significativo e rappresentativo delle peculiarità del nostro Paese. La finalità ultima è la creazione di uno strumento che consenta di incrementare la conoscenza delle abitudini di consumo del settore residenziale e fornire (alla fine del triennio 2015-2017) indicazioni sulla scelta delle soluzioni tecnologiche più promettenti, valutandone i potenziali di risparmio energetico e delineando le azioni di sostentamento alla diffusione di tali tecnologie.

Nell'ambito della collaborazione ENEA-ISTAT, ENEA è impegnata nella messa a punto del modello energetico di simulazione che sta alla base della metodologia di calcolo dei consumi per riscaldamento, raffreddamento, acqua calda sanitaria e usi cottura mentre ISTAT si occuperà della validazione statistica dei modelli sviluppati. Più precisamente, come sarà descritto dettagliatamente nel proseguo del presente rapporto tecnico, la metodologia sviluppata è composta da un modello di simulazione per ciascuna finalità d'uso.

Obiettivo principale di tutta la fase modellistica è stata la costruzione di un modello che pur basato sulle informazioni desumibili dall'indagine ISTAT, fosse generale e non ne fosse condizionato nella sua struttura di calcolo: i risultati dell'indagine e di quelle che saranno effettuate nel futuro serviranno esclusivamente a determinare i valori dei parametri geometrici, termofisici e dei profili di uso delle abitazioni tipo senza comportare una revisione dei modelli.

La metodologia sarà impiegata nell'attività ENEA-ISTAT per la stima dei consumi energetici delle famiglie per gli anni intercorrenti tra le diverse repliche di indagine, a partire dalla prossima indagine che sarà effettuata nel 2017.

1 Introduzione

Le politiche europee e nazionali mirate a contenere i consumi di energia primaria e a favorire lo sviluppo delle fonti rinnovabili hanno stimolato la ricerca di soluzioni che consentano la riduzione della domanda di energia e incrementino l'efficienza nella produzione della stessa; in particolare, per il settore residenziale, la conoscenza delle abitudini di consumo delle famiglie rappresenta un aspetto di fondamentale importanza per raggiungere gli obiettivi fissati dalle varie direttive europee, oltre che aumentare la consapevolezza sui consumi di energia e stimolare comportamenti razionali sugli usi dell'energia da parte degli utenti finali.

Il Regolamento (CE) n. 1099/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2008, Statistiche sull'energia rinnovabile e sul consumo energetico finale, e l'emendamento Commission Regulation EU n. 431/2014, impongono l'obbligo per gli Stati Membri di fornire annualmente dati sui consumi energetici delle famiglie per destinazione finale e fonte energetica. In questo ambito ISTAT, in collaborazione con ENEA e MISE, ha realizzato l'indagine sui consumi energetici delle famiglie, inserita nel Piano Statistico Nazionale. L'indagine è stata realizzata nel 2013, per la prima volta in Italia, su un campione rappresentativo a livello regionale di 20.000 famiglie e ha consentito di ricavare informazioni su caratteristiche, abitudini di consumi, tipologie impiantistiche e costi energetici delle abitazioni italiane, suddivisi per fonte primaria e uso finale (riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, cucina, illuminazione e apparecchiature elettriche).

In tale contesto ENEA ed ISTAT hanno avviato una collaborazione finalizzata alla creazione di una metodologia per la stima della partizione dei consumi energetici per utilizzo finale, sulla base delle informazioni rilevate dall'indagine ISTAT e relative ai parametri termo-fisici dell'abitazione, alle caratteristiche della famiglia, agli utilizzi di dotazioni e impianti, alle caratteristiche ambientali della zona di abitazione. Tale metodologia servirà ad ENEA per ricostruire i profili di consumo degli edifici residenziali italiani sulla base di un campione statistico altamente significativo e rappresentativo delle peculiarità del nostro Paese. La finalità ultima è la creazione di uno strumento che consenta di incrementare la conoscenza delle abitudini di consumo del settore residenziale e fornire (alla fine del triennio 2015-2017) indicazioni sulle scelte delle soluzioni tecnologiche più promettenti, valutandone i potenziali di risparmio energetico e delineando le azioni di sostentamento alla diffusione di tali tecnologie.

Nell'ambito della collaborazione ENEA-ISTAT, ENEA è impegnata nella messa a punto del modello energetico di simulazione che sta alla base della metodologia di calcolo dei consumi per riscaldamento, raffreddamento, acqua calda sanitaria e usi cottura mentre ISTAT si occuperà della validazione statistica dei modelli sviluppati. Più precisamente, come sarà descritto dettagliatamente nel proseguo del presente rapporto tecnico, la metodologia sviluppata è composta da un modello di simulazione per ciascuna finalità d'uso.

Obiettivo principale di tutta la fase modellistica è stata la costruzione di un modello che pur basato sulle informazioni desumibili dall'indagine ISTAT, fosse generale e non ne fosse condizionato nella sua struttura di calcolo: i risultati dell'indagine e di quelle che saranno effettuate nel futuro serviranno esclusivamente a determinare i valori dei parametri geometrici, termofisici e dei profili di uso delle abitazioni tipo senza comportare una revisione dei modelli.

L'attività è tutt'ora in corso, in particolare sono stati completati i modelli per la determinazione dei consumi per riscaldamento, acqua calda sanitaria e usi cucina. Tuttavia a conclusione della fase di validazione che effettuerà ISTAT se necessario, si provvederà ad apportare quegli aggiornamenti utili a ridurre la differenza fra il valore stimato dai modelli e quello ricavato dall'indagine.

La metodologia sarà impiegata nell'attività ENEA-ISTAT per la stima dei consumi energetici delle famiglie per gli anni intercorrenti tra le diverse replicazioni di indagine, a partire dalla prossima indagine che sarà effettuata nel 2017.

L'ENEA, e in particolare UTEE, dispone di varie banche dati che forniscono informazioni sui consumi energetici dei vari settori, per cui si ritiene di particolare importanza dotarsi di strumenti che consentano l'utilizzo e il confronto di tali dati. Tale operazione non si rivela semplice in quanto le diverse banche dati hanno strutture (software) diverse che non consentono il confronto diretto delle informazioni. È, pertanto, necessario utilizzare strumenti e metodologie rendano omogenee le informazioni e ne favoriscano il confronto.

In questa prima annualità è stata avviata un'attività mirata a migliorare l'elaborazione delle informazioni contenute nel database delle detrazioni fiscali per interventi di efficientamento energetico (cosiddetto 65%) in collaborazione con la facoltà di statistica dell'Università di Roma "Sapienza". In particolare l'ENEA ha fornito le specifiche e il supporto tecnico per la realizzazione di una procedura automatica per l'individuazione e il trattamento di errori e anomalie (outlier) presenti nei dati inseriti dagli utenti, sviluppata dall'università. Lo scopo dell'attività è poter consentire un confronto più omogeneo dei dati di tale database con quelli provenienti da altre fonti, in primis dalla metodologia su menzionata (attività che sarà oggetto della seconda annualità del PAR).

Infine, poiché la linea a cui tale rapporto si riferisce non riguarda solamente il settore residenziale, è stato sviluppato un nuovo ambiente applicativo per la raccolta dei consumi energetici delle Pubbliche Amministrazioni centrali.

2 Metodologia di calcolo dei consumi per riscaldamento: definizione abitazione-tipo

Nel capitolo seguente e nei tre successivi è descritta la metodologia sviluppata da ENEA per il calcolo dei consumi energetici per riscaldamento del settore residenziale; questa è basata sulla elaborazione dei dati forniti dall'indagine statistica condotta da ISTAT e sulla individuazione di classi di abitazioni-tipo, funzioni delle caratteristiche geometriche e termofisiche delle abitazioni stesse, delle abitudini d'uso e delle zone climatiche e rappresentative dell'intero parco edilizio nazionale.

Per ciascuna di queste classi è individuata una abitazione-tipo di riferimento che, attraverso l'applicazione di un software di simulazione dinamica, consente la determinazione dei consumi energetici per ciascuna classe, e la valutazione della distribuzione dei consumi per riscaldamento per fonte primaria.

Le abitazioni-tipo sono caratterizzate da una serie di parametri che sono stati desunti, direttamente o indirettamente dalle risposte prodotte dall'indagine; più precisamente, nel caso in cui la domanda fornisse informazioni dirette sul parametro considerato (ad esempio superficie in pianta dell'abitazione), sono state opportunamente elaborate le risposte fornite e poi determinati i valori di tali parametri; negli altri casi i valori di tali parametri sono stati determinati elaborando la o le tipologie di risposte che in qualche modo fossero legate al parametro cercato, come ad esempio nel caso delle trasmittanze termiche delle pareti opache che sono state desunte dall'anno di costruzione dell'abitazione e tenendo conto delle informazioni fornite dalla normativa vigente in materia.

Sono state definite 20 tipologie di abitazioni sulla base dell'epoca costruttiva e della tipologia di abitazione, considerando i seguenti campi, come in Tabella 1:

- epoca costruttiva: prima del 1950, 1950-1969, 1970-1989, dopo il 1990;
- tipologia di abitazione: casa singola unifamiliare, casa plurifamiliare, appartamento piano terra, appartamento piano intermedio e appartamento piano ultimo.

Tabella 1 - Classi di abitazioni tipo

	Ante 1950	1951-1969	1970-1989	1990-oggi
casa unif.	E1	E6	E11	E16
casa plurif.	E2	E7	E12	E17
app. p. terra	E3	E8	E13	E18
app. p. intermedio	E4	E9	E14	E19
app. p. ultimo	E5	E10	E15	E20

L'epoca costruttiva ha consentito l'individuazione delle caratteristiche termofisiche dell'involucro (trasmittanze superfici opache e trasparenti e capacità termica, numero di ricambi d'aria), la tipologia dell'abitazione ha consentito la valutazione degli orientamenti possibili e delle superfici disperdenti verso l'esterno, tutte informazioni fondamentali per definire i dati di ingresso richiesti dal modello di simulazione.

La stima del consumo di energia primaria per riscaldamento è stata effettuata in diverse fasi, come esemplificato in Figura 1, basandosi sull'approccio proposto nelle norme tecniche di riferimento (UNI TS 11300) opportunamente adattato:

- determinazione della richiesta di energia termica dell'abitazione tipo [kWh/a] mediante un software di simulazione dinamica; le simulazioni sono state effettuate nell'ipotesi di accensione dell'impianto 24 ore al giorno (modalità di riscaldamento continuo), in quanto dall'indagine non è possibile ricostruire un profilo di accensione; i risultati della simulazione forniscono inoltre il profilo orario del fabbisogno termico di ciascuna abitazione tipo;
- calcolo fattore adimensionale di riduzione per riscaldamento intermittente in funzione della media delle ore di accensione giornaliere determinata sulla base delle risposte fornite dagli utenti;
- determinazione delle prestazioni delle diverse tipologie impiantistiche per ciascuna abitazione tipo e stima dei consumi specifici per unità di superficie [kWh/m²a];
- stima del consumo totale di energia primaria per riscaldamento per ciascuna classe (m³, kg, l, etc.) ottenuta moltiplicando i consumi specifici per la superficie totale delle abitazioni ricadenti nella classe di abitazione tipo.

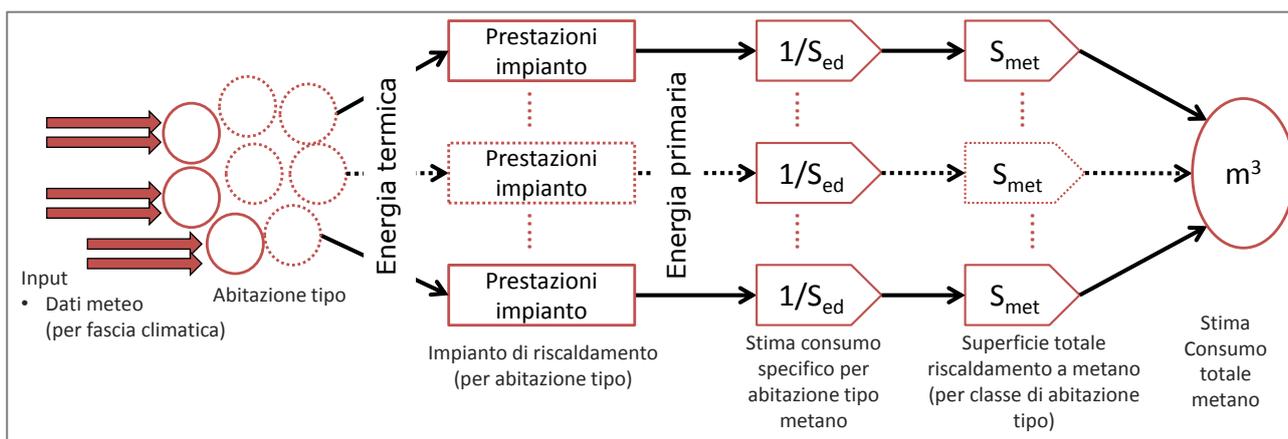


Figura 1 – Schema metodologia calcolo consumi per riscaldamento

La scelta di determinare il fabbisogno di energia termica per ogni abitazione tipo mediante simulazione dinamica e calcolare il consumo di energia primaria moltiplicando il fabbisogno per il rendimento totale medio dell'impianto termico nasce dalla bassa affidabilità delle risposte fornite dagli intervistati sulle tipologie impiantistiche, che non hanno consentito di ricostruire un profilo di gestione degli stessi, fondamentale per eseguire una simulazione dinamica dell'edificio con annesso impianto.

Poiché le prestazioni energetiche degli edifici sono fortemente influenzate dalle condizioni climatiche, ogni edificio tipo è stato ipotizzato posizionato in ciascuna zona climatica in cui è suddiviso il territorio nazionale (DPR n. 412 del 26-08-1993), ad esclusione della zona A che per la scarsa rappresentatività (solo 2 comuni italiani appartengono a tale zona) è stata accorpata alla B.

I dati meteo di temperatura, irraggiamento ed umidità sono stati riferiti a città capoluogo che hanno un numero di gradi giorno il più vicino possibile al valor medio dell'intervallo che caratterizza ciascuna zona climatica.

2.1 Superfici

Le risposte prodotte dall'indagine relativamente al parametro "superficie in pianta dell'abitazione" sono state fornite dagli utenti con intervalli di superficie di 10 m², per cui la superficie dell'abitazione tipo è calcolata come media pesata della frequenza delle risposte per ciascun intervallo di superficie.

Considerando secondo la distribuzione per epoche di costruzione sia il numero di abitazioni appartenenti ad ogni classe di abitazione-tipo (Tabella 2), sia la superficie complessiva delle abitazioni distinte per classe di abitazione-tipo (

Tabella 3), è stato possibile ricavare la superficie in pianta per ogni abitazione-tipo e per ogni epoca costruttiva. (

Tabella 4)

Tabella 2: Distribuzione numero abitazioni appartenenti a ciascuna classe di abitazione

	ANTE 50	1951-1960	1961-1970	1971-1979	1980-1989	1990 e oltre
Unifamiliare	1476	656	951	1255	1071	136
Plurifamiliare	505	244	446	641	564	123
App. p. terra	342	274	427	519	359	88,90
App. p. intermedio	603	675	1365	1398	935	95,49
App. p. ultimo	186	180	277	361	220	98,26

Tabella 3: Superficie complessiva abitazioni per classe di abitazione

	ANTE 50	1951-1960	1961-1970	1971-1979	1980-1989	1990 e oltre
	m ²					
Unifamiliare	172511	69010	105793	151340	136770	150436
Plurifamiliare	53335	23981	44607	72657	66334	90649
App. p. terra	29540	22041	37549	48407	34049	43385
App. p. intermedio	56142	60065	128126	136595	89997	78394
App. p. ultimo	18029	16638	25782	35784	21604	25842

Tabella 4: Superficie in pianta delle classi di abitazioni tipo

	ANTE 50	1951-1960	1961-1970	1971-1979	1980-1989	1990 e oltre
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
Unifamiliare	116,9	105,2	111,2	120,6	127,7	136,0
Plurifamiliare	105,6	98,3	100,0	113,3	117,6	123,0
App. p. terra	86,4	80,4	87,9	93,3	94,8	88,9
App. p. intermedio	93,1	89,0	93,9	97,7	96,3	95,5
App. p. ultimo	96,9	92,4	93,1	99,1	98,2	98,3

Ulteriore considerazione ed elaborazione è stata effettuata per riportare i valori delle superfici individuati alla suddivisione di epoche di costruzione, quali: Ante 50, 1950-69, 1970-89, 1990 e oltre (Tabella 5), considerate anche nella definizione dei parametri termofisici, come si evince dai paragrafi successivi.

Tabella 5: Superficie in pianta per classe di abitazioni-tipo ed epoche di costruzione

	ANTE 50	1951-1970	1971-1990	1990 e oltre
	m ²	m ²	m ²	m ²
Unifamiliare	116,9	108,8	123,9	136,0
Plurifamiliare	105,6	99,4	115,3	123,0
App. p. terra	86,4	85,0	93,9	88,9
App. p. intermedio	93,1	92,3	97,1	95,5
App. p. ultimo	96,9	92,8	98,8	98,3

2.2 Trasmittanza superfici opache

Come precedentemente detto, i parametri termofisici che caratterizzano ognuna delle classi di edificio individuate, perché rappresentative dell'intero parco edilizio nazionale, sono stati determinati sulla base di informazioni tratte dai risultati dell'indagine statistica condotta da ISTAT e opportunamente rielaborati.

In particolare sono stati definiti i valori della trasmittanza termica delle superfici esterne dell'involucro degli edifici, considerando gli elementi costitutivi sia relativamente sia alle superfici trasparenti che a quelle opache, verticali ed orizzontali. I valori del suddetto parametro termofisico (trasmittanza termica), distinto per tipologia di superficie e per caratteristiche strutturali, è stato individuato considerando gli elementi relativi alle strutture finestrate e murarie (pareti esterne, solai di calpestio e solai di copertura), in relazione all'epoca di costruzione, alla evoluzione della normativa tecnica e alle classificazioni di tipologie di strutture che vengono effettuate dal software DOCET.

In riferimento alle 4 epoche di costruzione suindicate (prima del 1950, 1950-1969, 1970-1989, dopo il 1990), sono state individuate, per ognuna di esse, le strutture murarie prevalentemente esistenti, come riportato in Tabella 6:

Tabella 6: Indicazione della tipologia di struttura muraria presente per ogni epoca di costruzione

STRUTTURE MURARIE VERTICALI				
	Prima del 1950	1950-1969	1970-1989	Dopo il 1990
Muratura in pietrame intonacata	X			
Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	X	X	X	X
Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce_ISOLAMENTO			X	X
Muratura di mattoni semipieni o tufo	X	X	X	X
Muratura di mattoni semipieni o tufo_ISOLAMENTO			X	X
Parete a cassavuota con mattoni forati		X	X	X
Parete a cassavuota con mattoni forati_ISOLAMENTO			X	X
Pannello prefabbricato in cls				X
Pannello prefabbricato in cls_ISOLAMENTO				X
STRUTTURE MURARIE ORIZZONTALI DI CALPESTIO				
	Prima del 1950	1950-1969	1970-1989	Dopo il 1990
Basamento su terreno in cls	X	X	X	
Soletta latero-cemento	X	X	X	X
Solaio latero-cemento sul vespaio		X	X	X
Solaio latero-cemento su cantina	X	X	X	X
STRUTTURE MURARIE ORIZZONTALI DI COPERTURA				
	Prima del 1950	1950-1969	1970-1989	Dopo il 1990
Copertura piana in latero-cemento	X	X	X	
Tetto a falda in laterizio	X	X	X	X
Tetto in legno	X	X	X	X

Sebbene le stesse tipologie di strutture murarie compaiano in più colonne riferite ad epoche costruttive differenti, in realtà queste differiscono tra loro, come si evince nelle successive tabelle, per caratteristiche termofisiche e quindi, per i valori della trasmittanza termica che le caratterizza singolarmente.

In particolare, per quanto riguarda le epoche di costruzione “ante 50”, “1950-1969”, “1970-1989”, attraverso il software “DOCET” sono state individuate le diverse tipologie costruttive, e per ognuna di queste, in base alla singola epoca di realizzazione, sono state prese in considerazione quelle più rappresentative.

Nello specifico, per quanto concerne le ***superfici opache verticali*** sono state fatte ulteriori riflessioni in merito agli spessori delle strutture murarie, tra quelli che fornisce il Docet e quelli che, secondo la letteratura, risultano essere i più rappresentativi per ognuna delle singole epoche di costruzione, così come di seguito riportato. Per quanto riguarda gli edifici appartenenti all’epoca di costruzione “ante 1950”, sebbene il software contempli gli spessori di 30, 45 e 60 cm, in realtà, come si evince dalla Tabella 7, sono state considerate strutture murarie dello spessore di 45 e 60 cm perché più corrispondenti al reale stato dell’arte; per l’epoca di costruzione “1950-1969” sono state prese in considerazione pareti con spessore pari a 30, 45 e 60 cm ed infine relativamente all’epoca di costruzione “1970-1989” sono state prese in considerazione pareti con spessori pari a 30 e 45 cm.

I valori della trasmittanza termica relativi allo spessore di 30 cm per gli anni “ante 50” e quelli relativi allo spessore di 60 cm per gli anni “1970-1989” sono solo riportati, ma opacizzati con un retino grigio, perché non considerati nel calcolo della media dei valori della trasmittanza termica utilizzati come dati input per la determinazione dei fabbisogni di energia termica.

Tabella 7: Trasmittanza termica di pareti verticali esterne

PARETI VERTICALI ESTERNE														
	Spessore	<u>Ante 50</u>			<u>1951-70</u>			<u>1971-90</u>						
		U	U	<u>U</u>	U	U	<u>U</u>	U	U	U	<u>U</u>			
		cm	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>		
Muratura in pietrame intonacata	30	2,99		<u>1,455</u>			<u>1,236</u>							
	45	2,4	2,2											
	60	2												
Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	30	1,77	1,145			1,77		1,353		1,77	1,51	1,33	<u>1,093</u>	
	45	1,25				1,25				1,25				
	60	1,04				1,04				1,04				
Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce_ ISOLAMENTO	30-45-60									1,15				
Muratura di mattoni semipieni o tufo	30	1,57	1,02			1,57		1,203	<u>1,236</u>	1,57	1,355			0,978
	45	1,14				1,14								
	60	0,9				0,9					0,9			
Muratura di mattoni semipieni o tufo_ ISOLAMENTO	30-45-60									0,6				
Parete a cassavuota con mattoni forati	30-45-60							1,15		1,15	0,970			
Parete a cassavuota con mattoni forati_ ISOLAMENTO	30-45-60							0,79						

Per quanto riguarda l'epoca di costruzione "dopo il 1990", in base alla ulteriore suddivisione che effettua il software DOCET, tenendo conto del succedersi della normativa in materia (L.10/91 e Decreto di attuazione DPR412/93; D. Lgs 192/2005; D. Lgs 311/2006 recante "Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/8/05 n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; DPR 59/2009) sono state considerate 3 sottofasce di anni di realizzazione degli immobili, e cioè: "1992-2005", "2006-2007", "2008-2009".

Avvalendoci, inoltre, dei dati da "Censimento Istat 2011" (Tabella 8) relativi al numero di edifici realizzati distinti per epoche di costruzione, quali "1991-2000", "2001-2005" e "2006 e successivi", abbiamo calcolato l'incidenza percentuale in linea con la suddivisione che indica il software e sono state definite le trasmittanze termiche in maniera "pesata". Ossia il valore della trasmittanza termica delle strutture murarie realizzate nel periodo compreso tra "1992-2005" è stato considerato in relazione al valore percentuale pari a 79% che raggruppa gli edifici realizzati tra il "1995-2000" e "2001-2005"; il valore della trasmittanza termica delle strutture murarie realizzate nel periodo compreso tra "2006-2007" e "2008-2009" è stato considerato in relazione al valore percentuale pari a 21% che tiene conto degli edifici realizzati dal 2006 in poi. (

Tabella 9)

Tabella 8: Incidenza edifici per epoca di costruzione dal 1990 in poi

ISTAT_Censimento 2011				
Epoca di costruzione	Numero di edifici "oltre 1990"			%
1991-2000	871017	1336121	1696100	79%
2001-2005	465104			
2006 e successivi		359979		21%

Tabella 9: Trasmittanza termica di pareti verticali esterne

PARETI VERTICALI ESTERNE								
	Spessore cm	<i>1990 e oltre</i>						
		1991- 2005		2006-2007	2008-2009			
		U W/m ² K						
Muratura in pietrame intonacata	30							
	45							
	60							
Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	30	1,2	1,15	0,97	0,46	0,37	0,415	<u>0,852</u>
	45	1,1						
	60	1,05						
Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce_ ISOLAMENTO	30-45-60		0,79					
Muratura di mattoni semipieni o tufo	30	1,2	1,15					
	45	1,1						
	60	1,05						
Muratura di mattoni semipieni o tufo_ ISOLAMENTO	30-45-60		0,79					
Parete a cassavuota con mattoni forati	30-45-60		1,15					
Parete a cassavuota con mattoni forati_ ISOLAMENTO	30-45-60		0,79					
Pannello prefabbricato in cls	30-45-60							
Pannello prefabbricato in cls_ ISOLAMENTO	30-45-60							

La definizione dei valori di trasmittanza termica delle superfici opache orizzontali di calpestio (Tabella 10 e Tabella 11) e delle superfici opache orizzontali di copertura (

Tabella 12 e Tabella 13) è stata effettuata in maniera analoga a quella delle superfici opache verticali per quanto riguarda la media dei valori forniti dal software, senza però dover fare considerazioni in merito agli spessori dal momento che lo stesso software riporta i valori di trasmittanza termica per ognuna delle tipologie di struttura muraria in base all'epoca di costruzione. Per l'epoca di costruzione "1990 e oltre" è stato determinato il valore di trasmittanza termica medio "pesato" sulla base delle stesse considerazioni fatte per le superfici opache verticali in relazione all'incidenza percentuale di edifici presenti per fasce di costruzione e alla tipologia di struttura.

Tabella 10: Trasmittanza termica solaio di calpestio

SOLAIO DI CALPESTIO																						
		Ante 50		1951-70					1971-90													
				1951- 1960		1961- 1970																
		U	<u>U</u>	U	U	U	U	U	<u>U</u>	U	U	<u>U</u>										
		W/m ² K	<u>W/m²K</u>	W/m ² K	<u>W/m²K</u>	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>														
TERRENO	Basamento su terreno in cls	1,65	1,517	1,65	1,517	1,65	1,5	1,442	1,479	1,65	1,5	1,442										
	Soletta latero-cemento sul vespaio																					
CANTINA o GARAGE	Solaio latero-cemento su cantina	1,25																				
ESTERNO	Soletta latero-cemento	1,65																				

Tabella 11: Trasmittanza termica solaio di calpestio

SOLAIO DI CALPESTIO																		
		1990 e oltre																
		1991- 2005			2006-2007		2008-2009											
		U	U	U	U	U	U	U	U	U	<u>U</u>							
		W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>							
TERRENO	Basamento su terreno in cls	1,17	1,135	1,162	0,46	0,46	0,41	0,41	0,435	1,007								
	Soletta latero-cemento sul vespaio	1,1																
CANTINA o GARAGE	Solaio latero-cemento su cantina										1,25		0,46		0,41			
ESTERNO	Soletta latero-cemento										1,1		0,46		0,41			

Tabella 12: Trasmittanza termica solaio di copertura

SOLAIO DI COPERTURA									
	<i>Ante 50</i>		<i>1951-70</i>		<i>1971-90</i>				
					<i>1971-85</i>		<i>1985-90</i>		
	U	<u>U</u>	U	<u>U</u>	U	U	U	U	<u>U</u>
	W/m ² K	<u>W/m²K</u>	W/m ² K	<u>W/m²K</u>	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>
Copertura piana in latero-cemento	1,5	<u>1,7</u>	1,5	<u>1,7</u>	1,5	1,7	0,93	1,01	<u>1,355</u>
Tetto a falda in laterizio	1,8		1,8		1,8		1,05		
Tetto in legno	1,8		1,8		1,8		1,05		

Tabella 13: Trasmittanza termica solaio di copertura

SOLAIO DI COPERTURA									
	<i>1990 e oltre</i>								
	<i>1991- 2005</i>		<i>2006-2007</i>		<i>2008-2009</i>				
	U	U	U	U	U	U	U	U	<u>U</u>
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	<u>W/m²K</u>
Copertura piana in latero-cemento	0,88	0,94	0,46	0,46	0,35	0,35	0,405	0,405	<u>0,826</u>
Tetto a falda in laterizio	0,97		0,46		0,35				
Tetto in legno	0,97		0,46		0,35				

La Tabella 14 di seguito riportata riassume i valori della trasmittanza termica distinti per tipologia costruttiva e per epoca di costruzione che sono stati utilizzati come dati di ingresso al modello di simulazione per la determinazione dei fabbisogni termici delle unità immobiliari di riferimento, ossia delle abitazioni tipo individuate.

Tabella 14: Trasmittanza termica superfici opache

	<i>Ante 50</i>	<i>1951-70</i>	<i>1971-90</i>	<i>1990 e oltre</i>
	U	U	U	U
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
PARETI VERTICALI ESTERNE	1,455	1,236	1,093	0,852
SOLAIO DI CALPESTIO	1,517	1,479	1,442	1,007
SOLAIO DI COPERTURA	1,7	1,7	1,355	0,826

2.3 *Trasmittanza superfici trasparenti*

I valori della trasmittanza termica delle superfici trasparenti, a differenza di quelle opache per le quali sono stati desunti in maniera indiretta dalle risposte ottenute dai dati Istat, sono stati determinati sulla base di informazioni tratte dai risultati dell'indagine e opportunamente rielaborati.

In particolare dall'indagine, che prevedeva come possibili risposte l'indicazione tra due tipologie di vetri (singolo, doppio) e tre tipologie di telai (legno, metallo, PVC), sono stati individuati i valori delle trasmittanze termiche per ognuno degli elementi costitutivi gli infissi sulla base della normativa in materia, e pesando ciascuna trasmittanza per la sua incidenza percentuale per ogni abitazione tipo ed in relazione ad ognuna delle epoche di costruzione considerate è stata determinata la trasmittanza equivalente (pesata), sia per l'elemento vetro che per l'elemento telaio, come si evince in Tabella 15.

L'elaborazione appena descritta ha permesso di ottenere i valori necessari al processo in essere e di riassumere, così, in Tabella 16, i valori della trasmittanza termica del telaio (U_f) e del vetro (U_g) distinti per tipo di abitazione ed in relazione all'epoca di costruzione; valori, questi, che, definite anche le relative superfici dei singoli elementi, come descritto nel seguito del rapporto, che sono stati utilizzati nel calcolo della trasmittanza termica dell'intero sistema "infisso".

Per quanto riguarda le quantità delle superfici dell'intero sistema trasparente (telaio+vetro), queste sono state ipotizzate secondo quanto previsto dalla normativa (Decreto Ministeriale 5 luglio 1975), considerando cioè la superficie totale dell'elemento "infisso" pari ad 1/8 della superficie netta di calpestio. Nel particolare, poi, la superficie del telaio è stata ipotizzata pari al 20% di quella dell'infisso, ed ovviamente la superficie rimanente per sottrazione tra la totale e quella del telaio ha restituito il valore della superficie del vetro. (Tabella 17)

Tabella 15: Trasmittanza termica "pesata" del telaio e del vetro per frequenza, abitazione tipo ed epoca di costruzione

Abitazione tipo	Telaio/Vetro		Ante 50			1951-70			1971-90			1990 e oltre		
UNIFAMILIARE	TELAIO													
	TIPO	Trasmittanza termica U_f (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)
	Legno	1,8	8513	71,5%	1,29	7161	60,3%	1,09	12624	64,5%	1,16	6952	65,3%	1,18
	Metallo	7	2465	20,7%	1,45	3811	32,1%	2,25	5648	28,8%	2,02	2665	25,0%	1,75
	PVC	2,2	925	7,8%	0,17	903	7,6%	0,17	1306	6,7%	0,15	1029	9,7%	0,21
	TOT		11903	100,0%	2,91	11875	100,0%	3,50	19578	100,0%	3,33	10646	100,0%	3,14
	VETRO													
	TIPO	Trasmittanza termica U_g (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)
	Singolo	5,7	4205	35,3%	2,01	4545	38,3%	2,18	6238	31,9%	1,82	1394	13,1%	0,75
	Con camera	2,825	7698	64,7%	1,83	7330	61,7%	1,74	13340	68,1%	1,92	9252	86,9%	2,46
TOT		11903	100,0%	3,84	11875	100,0%	3,93	19578	100,0%	3,74	10646	100,0%	3,20	
PLURIFAMILIARE	TELAIO													
	TIPO	Trasmittanza termica U_f (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)
	Legno	1,8	2753	70,8%	1,28	3014	60,9%	1,10	6447	67,9%	1,22	4491	70,3%	1,27
	Metallo	7	857	22,1%	1,54	1339	27,1%	1,89	2395	25,2%	1,76	1412	22,1%	1,55
	PVC	2,2	276	7,1%	0,16	594	12,0%	0,26	658	6,9%	0,15	481	7,5%	0,17
	TOT		3886	100,0%	2,98	4947	100,0%	3,26	9500	100,0%	3,14	6384	100,0%	2,98
	VETRO													
	TIPO	Trasmittanza termica U_g (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)
	Singolo	5,7	1073	27,6%	1,57	1492	30,2%	1,72	2511	26,4%	1,51	663	10,4%	0,59
	Con camera	2,825	2813	72,4%	2,04	3455	69,8%	1,97	6989	73,6%	2,08	5721	89,6%	2,53
TOT		3886	100,0%	3,62	4947	100,0%	3,69	9500	100,0%	3,58	6384	100,0%	3,12	
APPARTAMENTO	TELAIO													
	TIPO	Trasmittanza termica U_f (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_f pesata (W/m ² K)
	Legno	1,8	4150	58,8%	1,06	9770	48,9%	0,88	13759	55,6%	1,00	6752	65,3%	1,18
	Metallo	7	2128	30,2%	2,11	7317	36,6%	2,56	8762	35,4%	2,48	2814	27,2%	1,90
	PVC	2,2	774	11,0%	0,24	2895	14,5%	0,32	2227	9,0%	0,20	776	7,5%	0,17
	TOT		7052	100,0%	3,41	19982	100,0%	3,76	24748	100,0%	3,68	10342	100,0%	3,24
	VETRO													
	TIPO	Trasmittanza termica U_g (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)	Freq.	%	U_g pesata (W/m ² K)
	Singolo	5,7	2281	32,3%	1,84	7603	38,0%	2,17	9040	36,5%	2,08	1476	14,3%	0,81
	Con camera	2,825	4771	67,7%	1,91	12379	62,0%	1,75	15708	63,5%	1,79	8866	85,7%	2,42
TOT		7052	100,0%	3,75	19982	100,0%	3,92	24748	100,0%	3,88	10342	100,0%	3,24	

Tabella 16: Valori trasmittanza termica (telaio/vetro) per simulazioni

Abitazione tipo	Telaio/Vetro	Ante 50	1951-70	1971-90	1990 e oltre
Unifamiliare	Uf pesata (W/m ² K)	2,91	3,50	3,33	3,14
	Ug pesata (W/m ² K)	3,84	3,93	3,74	3,20
Plurifamiliare	Uf pesata (W/m ² K)	2,98	3,26	3,14	2,98
	Ug pesata (W/m ² K)	3,62	3,69	3,58	3,12
Appartamento	Uf pesata (W/m ² K)	3,41	3,76	3,68	3,24
	Ug pesata (W/m ² K)	3,75	3,92	3,88	3,24

Tabella 17: superfici degli elementi trasparenti per epoca di costruzione e CLASSE di ABITAZIONI TIPO

	ANTE 50				1951-70				1971-90				1990 e oltre			
	sup. pianta	sup. infisso	sup. telaio	sup. vetro	sup. pianta	sup. infisso	sup. telaio	sup. vetro	sup. pianta	sup. infisso	sup. telaio	sup. vetro	sup. pianta	sup. infisso	sup. telaio	sup. vetro
	m ²															
Unifamiliare	116,88	14,61	2,92	11,69	108,78	13,60	2,72	10,88	123,87	15,48	3,10	12,39	136	17	3,4	13,6
Plurifamiliare	105,61	13,20	2,64	10,56	99,40	12,43	2,49	9,94	115,35	14,42	2,88	11,53	123	15,37	3,07	12,3
App. p. terra	86,37	10,80	2,16	8,64	85,01	10,63	2,13	8,50	93,91	11,74	2,35	9,39	88,90	11,11	2,22	8,89
App. p. intermedio	93,10	11,64	2,33	9,31	92,25	11,53	2,31	9,23	97,12	12,14	2,43	9,71	95,49	11,94	2,39	9,55
App. p. ultimo	96,93	12,12	2,42	9,69	92,82	11,60	2,32	9,28	98,77	12,35	2,47	9,88	98,26	12,28	2,46	9,83

Sulla base, quindi, delle assunzioni fatte ed in linea con quanto previsto dalla normativa UNI EN ISO 10077-1 per il calcolo della trasmittanza termica di tutto l'infisso (U_w), sono stati individuati i valori della trasmittanza termica per ognuna delle epoche di costruzione e per ognuna delle tipologie di abitazione individuate: unifamiliare, plurifamiliare, appartamento piano terra, appartamento piano intermedio e appartamento piano ultimo, come si evince dalla tabella di seguito riportata. (Tabella 18)

Tabella 18: Trasmittanza degli elementi trasparenti per epoca di costruzione e CLASSE di ABITAZIONI TIPO

	ANTE 50	1951-70	1971-90	1990 e oltre
	Uw (W/m ² K)			
Unifamiliare	3,65	3,84	3,66	3,19
Plurifamiliare	3,49	3,60	3,50	3,09
App. p. terra	3,69	3,89	3,84	3,24
App. p. intermedio	3,69	3,89	3,84	3,24
App. p. ultimo	3,69	3,89	3,84	3,24

2.4 Forma, orientamenti e superfici disperdenti

Ciascuna delle 20 abitazioni-tipo individuate in Tabella 1, è ipotizzata come un parallelepipedo a base quadrata, le cui dimensioni sono pari a quelle individuate in Tabella 5, e la cui altezza (pari all'altezza interpiano) è stata assunta in funzione dell'epoca costruttiva, come esemplificato in Tabella 19. La scelta della forma quadrata deriva dall'impossibilità di desumere, a partire dalle risposte fornite dagli intervistati, una forma specifica e la preponderanza di uno o più lati.

Tabella 19 – Altezze delle abitazioni-tipo in funzione delle epoche costruttive.

Epoca costruttiva	Altezza interpiano [m]	Rif. Normativo
Ante 1950	4	
1951-1969	3,3	Fino al DM 1444 del 2 Aprile 1968
1070-1989	3	Prescrizione: $H \geq 2.70$ m per D.M 05/07/1975 (a modifica delle Istruzioni Ministeriali del 20/06/1896) legge n.457 del 5 agosto 1978 art 43 e s.m.i.
1990-oggi	2,70	D.M. 9 giugno 1999

Il volume di ciascuna abitazione-tipo è stato determinato dal prodotto della corrispondente superficie in pianta per l'altezza interpiano della rispettiva epoca costruttiva.

Una volta determinata la forma e le dimensioni di ciascuna abitazione-tipo, sono state determinate le combinazioni di superfici disperdenti, in base alla tipologia di abitazione e alle risposte degli intervistati relative alle esposizioni prevalenti delle singole abitazioni: gli intervistati potevano indicare sino a 2 esposizioni prevalenti tra Nord, Est, Sud e Ovest.

La superficie disperdente di ciascun elemento orizzontale ritenuto disperdente, è stato assunto pari alla superficie lorda, ottenuta dividendo per 0.88 la superficie netta individuata in Tabella 5.

La superficie disperdente di ciascuna parete verticale è stata ottenuta moltiplicando il lato del quadrato di base (con superficie lorda) per la relativa altezza.

La superficie vetrata complessiva di ciascuna singola abitazione-tipo è stata assunta pari a 1/8 della corrispondente superficie in pianta netta come si evince dalla Tabella 17.

Case unifamiliari

Le case unifamiliari sono state considerate con tutte le superfici del parallelepipedo disperdenti: il pavimento, il soffitto e le quattro pareti verticali. Le pareti verticali sono state considerate orientate verso i punti cardinali: una a Nord, una ad Est, una a Sud ed una ad Ovest.

Case plurifamiliari

Le case plurifamiliari sono state considerate con entrambe le superfici orizzontali disperdenti: sia il pavimento sia il soffitto.

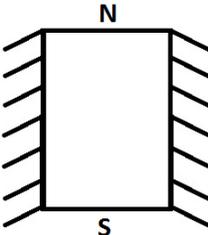
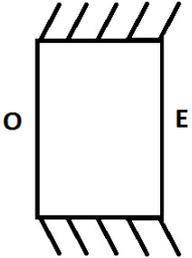
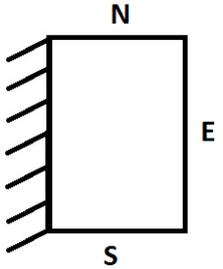
Per quanto riguarda le superfici verticali disperdenti sono state considerate 2 differenti tipologie di esposizione: l'esposizione con 2 orientamenti opposti tra loro, rappresentativa di un'unità immobiliare "intermedia", e l'esposizione con 3 orientamenti.

Per identificare le possibili esposizioni della tipologia con orientamento opposto, per ciascun punto cardinale sono state sommate le frequenze delle risposte, relative alle esposizioni prevalenti delle case plurifamiliari, che indicavano o un solo punto cardinale oppure due punti cardinali opposti.

Per identificare le possibili esposizioni della tipologia “tre lati”, sono state considerate prima le frequenze delle coppie di punti cardinali adiacenti, sono poi state considerate le occorrenze dei singoli punti cardinali nelle coppie. E’ stato così determinato il punto cardinale centrale della configurazione “tre lati esposti” da simulare.

L’analisi delle risposte fornite dagli intervistati ha portato all’individuazione di tre differenti combinazioni di superfici verticali disperdenti, a ciascuna delle quali è stata associata una rappresentatività in percentuale, basata sul numero di occorrenze, rispetto all’intero campione di case plurifamiliari, come illustrato in Tabella 20.

Tabella 20 – Combinazioni delle superfici verticali disperdenti, case plurifamiliari

Esposizione	 <p>Nord+Sud</p>	 <p>Est+Ovest</p>	 <p>Nord+Est+Sud</p>
Rappresentatività sul campione di Case Plurifamigliari	41.25%	32.99%	25.76%

Appartamenti

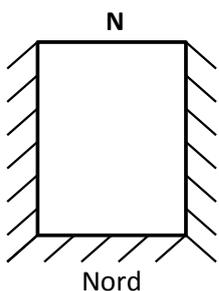
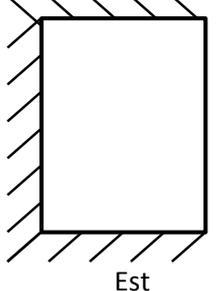
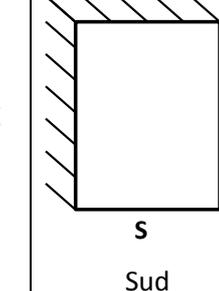
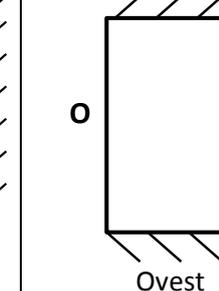
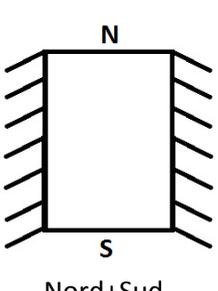
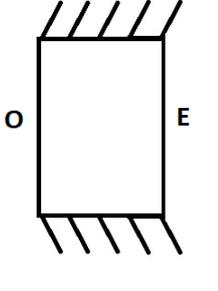
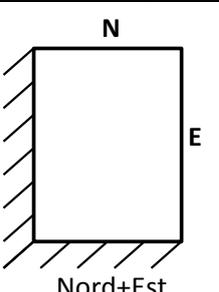
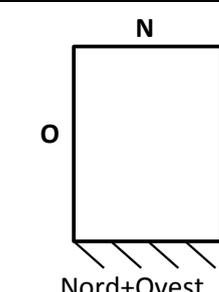
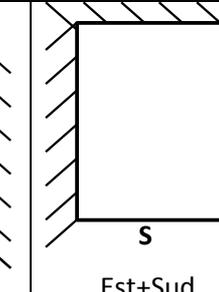
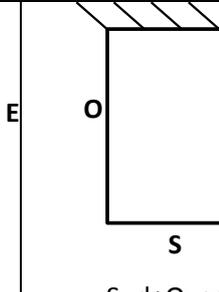
Il numero ed il tipo di superfici orizzontali disperdenti sono stati determinati a seconda della tipologia di appartamento: gli appartamenti a piano terra sono stati considerati con il solo pavimento disperdente, gli appartamenti all’ultimo piano con il solo soffitto disperdente, gli appartamenti al piano intermedio sono stati considerati senza superfici orizzontali disperdenti.

Per quanto riguarda le superfici verticali disperdenti sono state considerate 3 differenti tipologie di esposizione: l’esposizione con un singolo orientamento, l’esposizione con 2 orientamenti opposti tra loro e l’esposizione con 2 orientamenti tra loro adiacenti. Analogamente a quanto fatto per le case unifamiliari, sono state considerate le risposte fornite dagli intervistati relative alle esposizioni prevalenti.

Per identificare le possibili esposizioni della tipologia con orientamento singolo, e la relativa rappresentatività percentuale, per ciascun punto cardinale sono state considerate le frequenze delle risposte che indicavano un solo punto cardinale. Per la tipologia con orientamento opposto, sono state considerate le frequenze delle risposte che indicavano due punti cardinali tra loro opposti. Per la tipologia con orientamento adiacente, sono state considerate le frequenze delle risposte che indicavano due punti cardinali tra loro adiacenti.

L’analisi delle risposte fornite dagli intervistati ha portato all’individuazione, per gli appartamenti, di 10 differenti combinazioni di superfici verticali disperdenti, come illustrato in Tabella 21.

Tabella 21 – Combinazioni delle superfici verticali disperdenti, appartamenti

Esposizione – orientamento singolo				
Rappresentatività sul campione di appartamenti	12.20%	11.31%	13.21%	6.28%
Esposizione – orientamento opposto				
Rappresentatività sul campione di appartamenti	10.30%		14.39%	
Esposizione				
Rappresentatività sul campione di appartamenti	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%

Considerando complessivamente le cinque differenti tipologie di abitazione, sono state individuate 34 differenti combinazioni di superfici disperdenti, sintetizzate schematicamente in Tabella 22; di ciascuna combinazione è stata determinata la rappresentatività, sintetizzata schematicamente in Tabella 23. In Tabella 23 la somma degli elementi di ciascuna riga è pari a 100%: ciascuna riga rappresenta la suddivisione della singola tipologia di abitazione nelle combinazioni individuate.

Le 34 differenti combinazioni corrispondono al numero di simulazioni eseguite per ciascuna epoca costruttiva (si veda il paragrafo 5.2).

Tabella 22 – Combinazioni delle superfici verticali disperdenti per le differenti tipologie di abitazione

Tip. Abit.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Casa unif.	Tutti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Casa plurif.	N+S	E+O	N+E+S	-	-	-	-	-	-	-
App. P. Terra	N	E	S	O	N+S	E+O	N+E	N+O	E+S	S+O
App. P. int.	N	E	S	O	N+S	E+O	N+E	N+O	E+S	S+O
App. P. Ult.	N	E	S	O	N+S	E+O	N+E	N+O	E+S	S+O

Tabella 23 – Rappresentatività delle singole combinazioni rispetto alla tipologia di abitazione

Tip. Abit.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Casa unif.	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Casa plurif.	41.25%	32.99%	25.76%	-	-	-	-	-	-	-
App. P. Terra	12.20%	11.31%	13.21%	6.28%	10.30%	14.39%	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%
App. P. int.	12.20%	11.31%	13.21%	6.28%	10.30%	14.39%	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%
App. P. Ult.	12.20%	11.31%	13.21%	6.28%	10.30%	14.39%	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%

Per ciascuna delle combinazioni di superfici verticali disperdenti individuate, la superficie vetrata relativa a ciascuna superficie verticale disperdente è stata ottenuta dividendo la superficie vetrata complessiva dell’abitazione-tipo per il numero di superfici verticali disperdenti della singola combinazione.

Chiamando SV_1 , SV_2 , SV_3 , SV_4 e SV_5 le superfici vetrate complessive delle cinque tipologie di abitazione per una data epoca costruttiva, le superfici vetrate relative a ciascuna parete disperdente possono essere riassunte in Tabella 24.

Tabella 24 – Superfici vetrate relative alla singola parete verticale disperdente, per una data epoca costruttiva

Tip. Abit.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Casa unif.	$SV_1/4$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Casa plurif.	$SV_2/2$	$SV_2/2$	$SV_2/3$	-	-	-	-	-	-	-
App. P. Terra	SV_3	SV_3	SV_3	SV_3	$SV_3/2$	$SV_3/2$	$SV_3/2$	$SV_3/2$	$SV_3/2$	$SV_3/2$
App. P. int.	SV_4	SV_4	SV_4	SV_4	$SV_4/2$	$SV_4/2$	$SV_4/2$	$SV_4/2$	$SV_4/2$	$SV_4/2$
App. P. Ult.	SV_5	SV_5	SV_5	SV_5	$SV_5/2$	$SV_5/2$	$SV_5/2$	$SV_5/2$	$SV_5/2$	$SV_5/2$

3 Metodologia di calcolo dei consumi per riscaldamento: determinazione consumi energia primaria

La determinazione delle abitazioni-tipo illustrata nel paragrafo 0, ha consentito di individuare 34 configurazioni per ciascuna epoca costruttiva. Considerando le 4 epoche costruttive individuate, sono 136 le configurazioni termofisiche e dimensionali da simulare (con la metodologia illustrata in dettaglio nel paragrafo 4) per ottenere i valori di fabbisogno di energia termica utile (intesa come l’energia da immettere direttamente nell’ambiente interno per mantenere le condizioni ambientali interne di comfort) per riscaldamento delle 20 classi di abitazioni-tipo illustrate in Tabella 1: per ciascuna epoca costruttiva le 34

configurazioni hanno fornito i valori di fabbisogno energetico delle corrispondenti 5 classi di abitazione-tipo.

Le 136 configurazioni termofisiche e dimensionali sono state simulate considerando i dati meteorologici (temperatura dell'aria esterna, irraggiamento, umidità relativa) di 5 differenti località, collocate nelle zone climatiche B, C, D, E, F (per dettagli si vedano i paragrafi 4.2 e 5.2). Sono quindi state realizzate 680 simulazioni che hanno consentito di determinare il fabbisogno di energia utile per riscaldamento delle 20 classi di abitazioni in ciascuna delle 5 zone climatiche considerate. Lo schema delle configurazioni simulate e della determinazione dei fabbisogni di energia utile per riscaldamento è presentato in Figura 2.

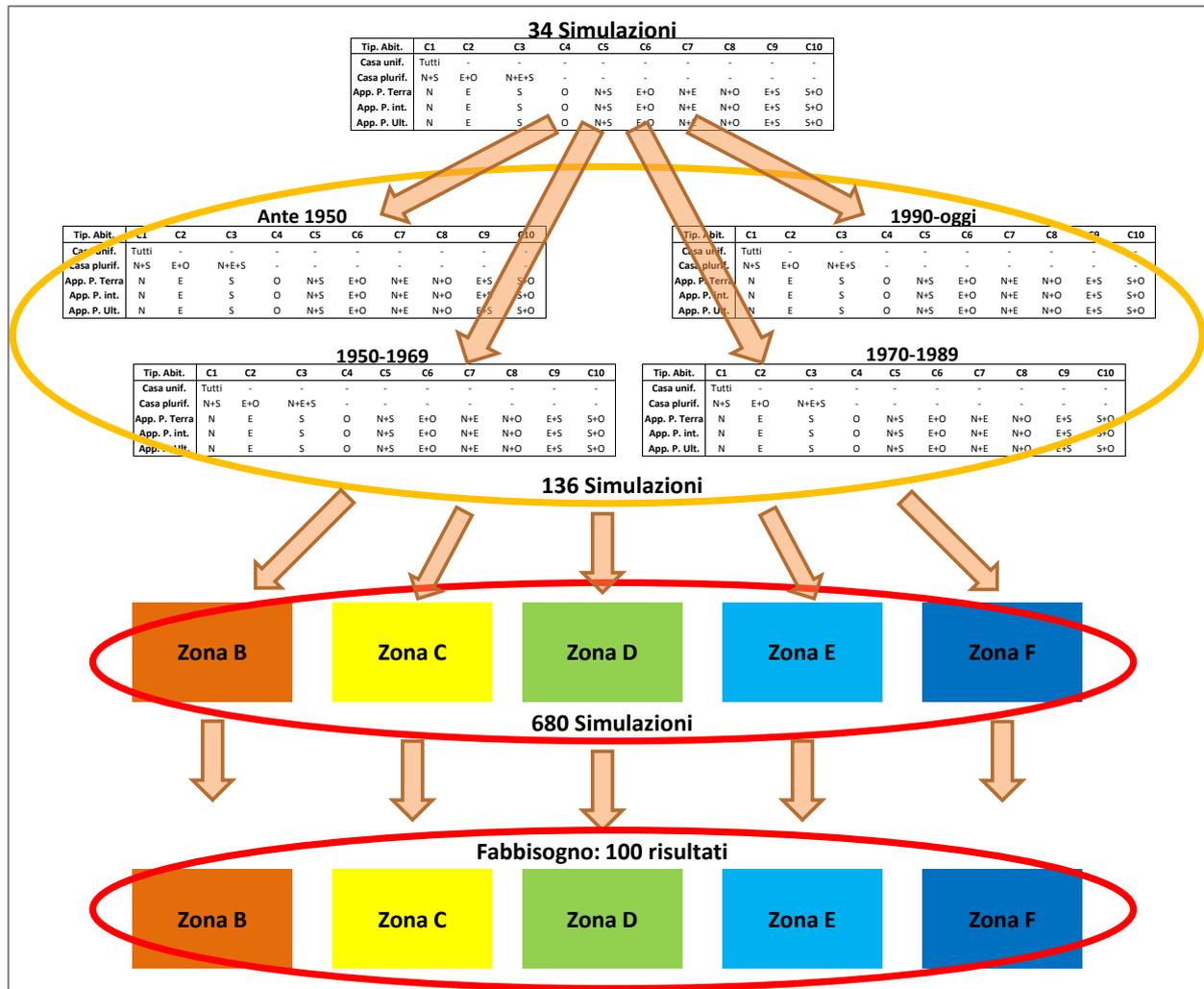


Figura 2 - Schema delle configurazioni simulate e della determinazione dei fabbisogni di energia utile per riscaldamento

3.1 Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento intermittente

Il metodo di calcolo utilizzato per la determinazione del fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento, basato sulla UNI EN 13790:2008 [1], prevede, per ciascuna simulazione, il calcolo del fabbisogno di energia in modalità di riscaldamento continuo.

Per tener conto dell'effettivo utilizzo dell'impianto di riscaldamento in condizioni reali, e non in condizioni ideali continue, a partire dal fabbisogno per riscaldamento continuo è stato calcolato il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento intermittente, secondo la seguente formula [1]:

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} \cdot Q_{H,nd,cont}$$

dove:

$Q_{H,nd,cont}$ è il fabbisogno di energia termica per riscaldamento continuo;

$Q_{H,nd,interm}$ è il fabbisogno di energia termica per riscaldamento intermittente;

$a_{H,red}$ è il fattore adimensionale di riduzione per riscaldamento intermittente.

Il fattore adimensionale di riduzione per riscaldamento intermittente, $a_{H,red}$ è stato calcolato come [1]:

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \gamma_H (1 - f_{H,hr})$$

con valore minimo: $a_{H,red} = f_{H,hr}$ e valore massimo: $a_{H,red} = 1$.

dove:

$f_{H,hr}$ è la frazione del numero di ore alla settimana con una normale regolazione del riscaldamento (regolazione non ridotta né spegnimento);

$b_{H,red}$ è un fattore di correlazione empirico assunto pari a 3;

τ è la costante di tempo dell'abitazione-tipo espressa in ore;

$\tau_{H,0}$ è la costante di tempo di riferimento per la modalità di riscaldamento, espressa in ore, assunta pari a 15 (calcolo mensile);

γ_H è il rapporto di bilancio termico per la modalità di riscaldamento

Costante di tempo dell'abitazione-tipo

In ciascuna simulazione, la costante di tempo dell'abitazione simulata è calcolata come [1]:

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}} [h]$$

dove:

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, corretto per la differenza di temperatura interna-esterna;

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione, corretto per la differenza di temperatura interna-esterna

C_m è la capacità termica interna dell'abitazione simulata.

La capacità termica interna considerata, per ogni tipologia abitativa ed in relazione alle diverse epoche di costruzione, è stata determinata ipotizzando una classe di pesantezza delle strutture. Nello specifico, quest'ultima è stata individuata, in prima battuta considerando, in relazione all'epoca di costruzione, le tipologie costruttive prevalentemente esistenti (Tabella 6), e poi in base al numero di superfici disperdenti verso l'ambiente esterno, così come indicate nel precedente paragrafo (Tabella 20 e Tabella 21).

Sono state così individuate, per ognuna delle 5 tipologie di abitazione (Unifamiliare, Plurifamiliare, Appartamento piano terra, piano intermedio e piano ultimo), per ognuna delle 4 fasce di epoche di costruzione (ante 50, 1951-1970, 1971-1990, 1990 e oltre), ed in base agli orientamenti delle superfici verticali disperdenti, il numero delle pareti disperdenti verso l'esterno e le relative classificazioni di tipologie strutturali, distinte in Pesante (P), Media (M) e Leggera (L), come riassunto in Tabella 25.

I valori di capacità termica areica interna per ognuna delle classi suindicate sono rispettivamente: Pesante (P) - 370 kJ/m²K, Media (M) – 260 kJ/m²K, e Leggera (L) – 165 kJ/m²K.

Tabella 25: Classe di pesantezza delle strutture

		ANTE 50		1951-1970		1971-1990		1990 e oltre	
		Numero di pareti disperdenti verso l'esterno	Tipologia della struttura	Numero di pareti disperdenti verso l'esterno	Tipologia della struttura	Numero di pareti disperdenti verso l'esterno	Tipologia della struttura	Numero di pareti disperdenti verso l'esterno	Tipologia della struttura
Unifamiliare	N+S+E+O	6	P	6	P	6	M	6	M
Plurifamiliare	N+S	4	P	4	P	4	M	4	M
	E+O	4	P	4	P	4	M	4	M
	N+E+S	5	P	5	P	5	M	5	M
Appartamento piano terra e piano ultimo	N	2	M	2	M	2	L	2	L
	E	2	M	2	M	2	L	2	L
	S	2	M	2	M	2	L	2	L
	O	2	M	2	M	2	L	2	L
	N+S	3	P	3	M	3	M	3	M
	E+O	3	P	3	M	3	M	3	M
	N+E	3	P	3	M	3	M	3	M
	N+O	3	P	3	M	3	M	3	M
	E+S	3	P	3	M	3	M	3	M
	S+O	3	P	3	M	3	M	3	M
Appartamento piano intermedio	N	1	M	1	M	1	L	1	L
	E	1	M	1	M	1	L	1	L
	S	1	M	1	M	1	L	1	L
	O	1	M	1	M	1	L	1	L
	N+S	2	M	2	M	2	L	2	L
	E+O	2	M	2	M	2	L	2	L
	N+E	2	M	2	M	2	L	2	L
	N+O	2	M	2	M	2	L	2	L
	E+S	2	M	2	M	2	L	2	L
	S+O	2	M	2	M	2	L	2	L

Frazione del numero di ore alla settimana con una normale regolazione del riscaldamento

Per ciascuna delle 20 classi di abitazioni e per ciascuna zona climatica, il parametro $f_{H,hr}$ è stato determinato sulla base delle risposte dell'indagine ISTAT relative alla frequenza di utilizzo dell'impianto di riscaldamento ed al numero di ore di accensione dello stesso impianto in una tipica giornata invernale.

Sulla base della risposta relativa alla frequenza di utilizzo, durante i mesi invernali, dell'impianto di riscaldamento, per ciascun utente intervistato è stato determinato un coefficiente di utilizzo che, moltiplicato per il numero di ore giornaliere di accensione dichiarate dallo stesso utente, fornisce il numero di ore giornaliere equivalenti di accensione dell'impianto di riscaldamento per l'utente:

$$ore_{utilizzo,day,equiv,utente} = Freq_{utilizzo,day,utente} \cdot ore_{utilizzo,day,utente}$$

I valori adottati per il coefficiente di utilizzo sono riportati in Tabella 26

Tabella 26 – Coefficiente di utilizzo dell'impianto di riscaldamento [-]

Risposta indagine ISTAT	Freq _{utilizzo,day,utente}
Tutti i giorni	1
Qualche giorno a settimana	0.5
Circa una volta a settimana	1/7
Meno di 4 volte al mese/occasionalmente	0.1

Dal numero di ore giornaliere equivalenti di utilizzo dell'impianto di riscaldamento di ogni utente, è stato determinato il valor medio del numero di ore giornaliere equivalenti di utilizzo per ciascuna delle 20 classi di abitazioni, in ciascuna zona climatica, come riassunto nelle tabelle da Tabella 27 a Tabella 29.

Tabella 27 – Ore giornaliere medie equivalenti con una normale regolazione del riscaldamento [h]

Tip. Abit.	Zona Climatica B				Zona Climatica C			
	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi
Casa unif.	7.45	7.38	8.53	7.55	10.16	9.58	10.10	10.89
Casa plurif.	7.00	6.30	5.69	5.17	8.79	8.91	9.25	8.57
App. P. Terra	3.75	5.67	5.25	5.17	5.63	7.13	8.47	6.09
App. P. int.	5.50	5.67	6.42	6.33	7.64	8.29	8.27	7.93
App. P. Ult.	6.00	6.30	5.88	5.17	5.14	5.42	7.31	5.50

Tabella 28 – Ore giornaliere medie equivalenti con una normale regolazione del riscaldamento [h]

Tip. Abit.	Zona Climatica D				Zona Climatica E			
	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi
Casa unif.	10.50	10.64	10.60	11.60	11.50	11.30	11.35	11.50
Casa plurif.	9.00	9.35	10.53	9.56	11.50	11.13	11.33	11.50
App. P. Terra	9.47	8.57	8.71	10.50	11.00	10.40	10.72	10.67
App. P. int.	10.05	10.32	10.38	10.11	10.85	10.60	11.12	12.00
App. P. Ult.	9.08	8.97	8.97	8.43	9.69	9.87	10.78	10.24

Tabella 29 – Ore giornaliere medie equivalenti con una normale regolazione del riscaldamento [h]

Tip. Abit.	Zona Climatica F			
	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi
Casa unif.	11.60	11.53	10.70	12.00
Casa plurif.	10.71	9.19	9.46	10.61
App. P. Terra	9.77	9.60	9.00	8.38
App. P. int.	11.50	10.16	10.81	8.93
App. P. Ult.	6.50	9.50	9.00	10.50

Moltiplicando tali valori per il numero di giorni di una settimana (7 g) e dividendoli per il numero di ore di una settimana (168 h), è stato determinato il parametro $f_{H,hr}$, come riassunto nelle tabelle da Tabella 30 a Tabella 32.

Tabella 30 – $f_{H,hr}$: frazione del numero di ore alla settimana con una normale regolazione del riscaldamento [-]

Tip. Abit.	Zona Climatica B				Zona Climatica C			
	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi
Casa unif.	0.311	0.308	0.355	0.314	0.423	0.399	0.421	0.454
Casa plurif.	0.292	0.263	0.237	0.215	0.366	0.371	0.385	0.357
App. P. Terra	0.156	0.236	0.219	0.215	0.234	0.297	0.353	0.254
App. P. int.	0.229	0.236	0.268	0.264	0.318	0.346	0.345	0.330
App. P. Ult.	0.250	0.263	0.245	0.215	0.214	0.226	0.304	0.229

Tabella 31 – $f_{H,hr}$: frazione del numero di ore alla settimana con una normale regolazione del riscaldamento [-]

Tip. Abit.	Zona Climatica D				Zona Climatica E			
	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi
Casa unif.	0.438	0.443	0.442	0.483	0.479	0.471	0.473	0.479
Casa plurif.	0.375	0.390	0.439	0.398	0.479	0.464	0.472	0.479
App. P. Terra	0.395	0.357	0.363	0.438	0.458	0.433	0.447	0.444
App. P. int.	0.419	0.430	0.432	0.421	0.452	0.442	0.463	0.500
App. P. Ult.	0.378	0.374	0.374	0.351	0.404	0.411	0.449	0.426

Tabella 32 – $f_{H,hr}$: frazione del numero di ore alla settimana con una normale regolazione del riscaldamento [-]

Tip. Abit.	Zona Climatica F			
	Ante 1950	1950-1969	1970-1989	1990-oggi
Casa unif.	0.483	0.480	0.446	0.500
Casa plurif.	0.446	0.383	0.394	0.442
App. P. Terra	0.407	0.400	0.375	0.349
App. P. int.	0.479	0.423	0.451	0.372
App. P. Ult.	0.271	0.396	0.375	0.438

3.2 Determinazione delle prestazioni impiantistiche

Dopo aver calcolato il fabbisogno di energia termica per riscaldamento in regime intermittente, sono state prese in considerazione le risposte fornite dall'indagine ISTAT relativamente alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento (unico o utilizzato in prevalenza) dell'abitazione, per determinare, per ciascun record dell'indagine, un valore di rendimento globale dell'impianto di riscaldamento.

Il rendimento globale d'impianto è stato determinato dal prodotto dei rendimenti dei sottosistemi di emissione, regolazione, distribuzione e generazione:

$$\gamma_H = \gamma_e \cdot \gamma_{rg} \cdot \gamma_d \cdot \gamma_{gn}$$

dove:

- γ_H è il rendimento globale dell'impianto di riscaldamento;
- γ_e è il rendimento del sottosistema di emissione;
- γ_{rg} è il rendimento del sottosistema di regolazione;
- γ_d è il rendimento del sottosistema di distribuzione;
- γ_{gn} è il rendimento del sottosistema di generazione.

Dall'indagine sono emerse 3 tipologie principali di impianto:

- impianto centralizzato per più abitazioni;
- impianto autonomo per l'abitazione singola;
- apparecchi singoli fissi o portatili, a loro volta suddivisi ulteriormente in:
 - climatizzatori fissi;
 - altri apparecchi elettrici singoli fissi;
 - stufe fisse a biomassa;
 - caminetti a biomassa;
 - stufe fisse a metano;
 - stufe fisse a GPL;
 - climatizzatori portatili;
 - altri apparecchi elettrici portatili;
 - stufe portatili a GPL.

La determinazione dei rendimenti dei sottosistemi è stata funzione della tipologia d'impianto, come illustrato nei paragrafi seguenti

3.2.1 Rendimento di emissione

Nel caso di impianto centralizzato o impianto autonomo, il rendimento di emissione è stato determinato sulla base della risposta fornita dall'utente relativamente al terminale presente nella propria abitazione, che poteva essere:

- Radiatori;
- Ventilconvettori;
- Sistema radiante.

Il valore di rendimento assegnato a ciascuna risposta è derivato dal prospetto 17 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è riassunto in Tabella 33.

Tabella 33 – Rendimento di emissione per impianto centralizzato o impianto autonomo [-]

Terminale di emissione, da risposta indagine ISTAT	γ_e
Radiatori	0.96
Ventilconvettori	0.95
Sistema radiante	0.98

Per gli apparecchi singoli o portatili, è stato assunto un rendimento di emissione unitario.

3.2.2 Rendimento di regolazione

Nel caso di impianto centralizzato o impianto autonomo, il rendimento di emissione è stato determinato sulla base delle combinazioni possibili della risposta sui terminali di emissione, e della risposta fornita dall'utente relativamente all'eventuale presenza di regolazione della temperatura.

Il valore di rendimento assegnato alle combinazioni delle risposte relative ai terminali e alla regolazione della temperatura è derivato dal prospetto 20 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è riassunto in Tabella 34.

Tabella 34 – Rendimento di emissione per impianto centralizzato o impianto autonomo [-]

Terminale di emissione, da risposta indagine ISTAT	γ_{rg}
Radiatori con cronotermostato	0.93
Radiatori con valvola termostatica	0.98
Ventilconvettori con cronotermostato	0.93
Ventilconvettori con regolazione proporzionale	0.98
Sistema radiante con cronotermostato	0.89

Per gli apparecchi singoli o portatili, è stato assunto un rendimento di regolazione unitario.

3.2.3 Rendimento di distribuzione

Nel caso di impianto centralizzato o impianto autonomo, il rendimento di distribuzione è stato determinato prendendo in considerazione le risposte relative alla tipologia di abitazione, all'epoca costrittiva ed alla tipologia principale d'impianto.

Il valore di rendimento assegnato alle combinazioni delle risposte è derivato dal prospetto 21, tabella 2, e dai prospetti 22 e 23 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è riassunto in Tabella 35.

Tabella 35 – Rendimento di distribuzione per impianto centralizzato o impianto autonomo [-]

Tipologia d'impianto	Epoca costruttiva	Tipologia di abitazione	γ_d
Centralizzato	Fino al 1990	Appartamento	0.931
	Dal 1991		0.955
Autonomo	Fino al 1990	Unifamiliare o plurifamiliare	0.935
		App. piano terra	0.940
		App. piano int. o piano ultimo	0.990
	Dal 1991	Unifamiliare o plurifamiliare	0.967
		App. piano terra	0.950
		App. piano int. o piano ultimo	0.990

Per gli apparecchi singoli o portatili, è stato assunto un rendimento di distribuzione unitario.

3.2.4 Rendimento di generazione

Il rendimento di generazione è stato determinato al variare della tipologia di impianto, dell'anno a cui risale l'impianto (ipotizzato essere rappresentativo dell'anno a cui risale il generatore di calore) e del vettore energetico che alimenta il generatore.

Metano

I rendimenti di generazione degli impianti centralizzati alimentati a metano sono stati desunti come valori medi dei prospetti 27 e 28 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], al variare dell'anno dell'impianto: impianto antecedente al 1996 e impianto realizzato a partire dal 1996. I valori assegnati sono riassunti in Tabella 36.

I valori del rendimento di generazione degli impianti autonomi alimentati a metano sono stati desunti come valori medi dei prospetti 25 e 26 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], al variare dell'anno dell'impianto: impianto antecedente al 1996 e impianto realizzato a partire dal 1996. I valori assegnati sono riassunti in Tabella 36.

Per le stufe fisse a metano il valore del rendimento di generazione è stato desunto dal prospetto 25 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], considerando il valore base per i generatori atmosferici a due stelle. Il valore assegnato è riassunto in Tabella 36.

Tabella 36 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a metano [-]

Tipologia d'impianto	Epoca impianto	γ_{gn}
Centralizzato a metano	Antecedente al 1996	0.935
	Dal 1996	0.955
Autonomo a metano	Antecedente al 1996	0.885
	Dal 1996	0.915
Stufa fissa a metano	-	0.900

Gasolio

I rendimenti di generazione degli impianti centralizzati alimentati a gasolio sono stati desunti dai valori base del prospetto 27 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], al variare dell'anno dell'impianto: impianto antecedente al 1996 e impianto realizzato a partire dal 1996. I valori assegnati sono riassunti in Tabella 40.

I valori del rendimento di generazione degli impianti autonomi alimentati a gasolio sono stati desunti dai valori base del prospetto 25 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], al variare dell'anno dell'impianto: impianto antecedente al 1996 e impianto realizzato a partire dal 1996. I valori assegnati sono riassunti in Tabella 37.

Tabella 37 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a gasolio [-]

Tipologia d'impianto	Epoca impianto	γ_{gn}
Centralizzato a gasolio	Antecedente al 1996	0.860
	Dal 1996	0.900
Autonomo a gasolio	Antecedente al 1996	0.840
	Dal 1996	0.900

GPL

I valori del rendimento di generazione degli impianti alimentati a GPL sono stati determinati in modo analogo a quanto fatto per gli impianti alimentati a metano.

I rendimenti di generazione degli impianti centralizzati sono stati desunti come valori medi dei prospetti 27 e 28 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3] e sono riassunti in Tabella 38.

I valori del rendimento di generazione degli impianti autonomi sono stati desunti come valori medi dei prospetti 25 e 26 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], e sono riassunti Tabella 38.

Per le stufe fisse e portatili il valore del rendimento di generazione è stato desunto dal prospetto 25 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è riassunto in Tabella 38.

Tabella 38 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a GPL [-]

Tipologia d'impianto	Epoca impianto	γ_{gn}
Centralizzato a GPL	Antecedente al 1996	0.935
	Dal 1996	0.955
Autonomo a GPL	Antecedente al 1996	0.885
	Dal 1996	0.915
Stufa fissa a GPL	-	0.900
Stufa portatile a GPL	-	0.900

Energia Elettrica

Nel caso di climatizzatori fissi o portatili, non si parla di rendimento di generazione, ma di coefficiente di prestazione COP. Il valore di COP assunto è sintetizzato in Tabella 39.

Tabella 39 – Coefficiente di performance, climatizzatori fissi e portatili [-]

Tipologia d'impianto	COP
Centralizzato ad olio combustibile	3.8
Autonomo ad olio combustibile	3.8

Nel caso l'abitazione sia riscaldata da altri apparecchi elettrici o fissi, si è ipotizzato che si trattasse di apparecchi che basati sull'effetto Joule, ed è stato assunto un rendimento di generazione unitario.

Olio Combustibile

I valori del rendimento di generazione degli impianti alimentati ad olio combustibile sono stati determinati in modo analogo a quanto fatto per gli impianti alimentati a gasolio per gli impianti antecedenti il 1996.

Il rendimento di generazione degli impianti centralizzati alimentati ad olio combustibile è stato desunto dal valore base del prospetto 27 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è riassunto in Tabella 40.

Il rendimento di generazione degli impianti autonomi alimentati ad olio combustibile è stato desunto dal valore base del prospetto 25 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è riassunto in Tabella 40.

Tabella 40 – Rendimento di generazione, impianti alimentati ad olio combustibile [-]

Tipologia d'impianto	γ_{gn}
Centralizzato ad olio combustibile	0.860
Autonomo ad olio combustibile	0.840

Biomassa

Il valore del rendimento di generazione degli impianti centralizzati alimentati a biomassa è stato determinato utilizzando quanto prescritto dalla norma EN 303-5:2004 [4] per le caldaie a combustibile solido e riscaldamento indiretto, ipotizzando un generatore di potenza nominale pari a 300 kW e di classe 1, e sono riassunti in Tabella 41.

Il valore del rendimento di generazione degli impianti autonomi alimentati a biomassa è stato determinato utilizzando quanto prescritto dalla norma EN 303-5:2004 [4] per le caldaie a combustibile solido e riscaldamento indiretto, ipotizzando un generatore di potenza nominale pari a 30 kW e di classe 1, e sono riassunti in Tabella 41.

Per le stufe a legna il valore del rendimento di generazione è stato determinato sulla base di quanto indicato dalla norma EN 13240:2006 [5] per le stufe di classe 2, ed è riassunto in Tabella 41.

Per i caminetti a legna il valore del rendimento di generazione è stato determinato sulla base di quanto indicato dalla norma EN 13229:2006 [6] per i caminetti chiusi di classe 2, ed è riassunto in Tabella 41.

Tabella 41 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a biomassa [-]

Tipologia d'impianto	γ_{gn}
Centralizzato a biomassa	0.720
Autonomo a biomassa	0.660
Stufa legna o altre biomasse	0.650
Caminetto a legna o altre biomasse	0.600

Carbone

I valori del rendimento di generazione degli impianti alimentati a carbone sono stati determinati in modo analogo a quanto fatto per gli impianti alimentati a biomassa.

Il valore del rendimento di generazione degli impianti centralizzati alimentati a carbone è stato determinato utilizzando quanto prescritto dalla norma EN 303-5:2004 [4] per le caldaie a combustibile solido e riscaldamento indiretto, ipotizzando un generatore di potenza nominale pari a 300 kW e di classe 1, e sono riassunti in Tabella 42.

Il valore del rendimento di generazione degli impianti autonomi alimentati a biomassa è stato determinato utilizzando quanto prescritto dalla norma EN 303-5:2004 [4] per le caldaie a combustibile solido e riscaldamento indiretto, ipotizzando un generatore di potenza nominale pari a 30 kW e di classe 1, e sono riassunti in Tabella 42.

Tabella 42 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a carbone [-]

Tipologia d'impianto	γ_{gn}
Centralizzato a carbone	0.720
Autonomo a carbone	0.660

Teleriscaldamento

Nel caso in cui l'utente dichiara che l'abitazione è riscaldata da calore proveniente da una rete di teleriscaldamento, è assunto un rendimento di generazione unitario.

3.2.5 Rendimento globale d'impianto

Una volta determinati i rendimenti dei sottosistemi impiantistici, ed il rendimento globale d'impianto per ciascun utente intervistato, secondo quanto illustrato nel paragrafo 3.2, sono calcolati, per ciascun vettore energetico, i rendimenti globali d'impianto medi per ciascuna delle 20 abitazioni-tipo in ciascuna delle 5 zone climatiche considerate.

Nelle tabelle da Tabella 53 a Tabella 55, sono riportati i rendimenti impiantistici medi determinati per il metano, per il gasolio e per il GPL.

4 Metodologia di calcolo dei consumi per riscaldamento: software di simulazione

La necessità di utilizzare un software non stazionario per determinare i fabbisogni di energia termica delle abitazioni tipo è dovuta all'obiettivo del lavoro, ovvero la determinazione dei consumi energetici, ma anche la creazione di profili di carico termico di riferimento per il settore residenziale: questi ultimi obbligano l'uso di strumenti software in grado di fornire informazione sui comportamenti energetici degli edifici con intervalli temporali inferiori alle 24 ore (tipicamente per gli edifici abitativi si usano informazioni orarie).

La scelta dello strumento da utilizzare deve tener conto principalmente della tipologia di informazioni che possono essere ricavate dai dati dell'indagine, risultato delle risposte fornite dagli utenti intervistati; poiché questi ultimi non sono, ovviamente tecnici a cui è possibile chiedere informazioni approfondite sulle prestazioni dei vari componenti edilizi, strumenti di simulazione dinamica avanzati non sono adatti in quanto necessitano di un grado di dettaglio non adeguato alle informazioni disponibili.

In un primo momento è stato utilizzato il software ENEA denominato ODESSE [7] che ha necessitato di alcune modifiche per adattarlo allo schema delle simulazioni precedentemente descritto. Poiché sin dall'inizio di tale scelta si nutrivano dubbi sull'idoneità di tale strumento, si è deciso di effettuare le prime prove determinando i consumi energetici su una regione solamente (Veneto) e non sull'intero territorio nazionale.

Innanzitutto si è proceduto ad apportare delle modifiche che consentissero di utilizzare ODESSE per la simulazione dei consumi energetici di un singolo appartamento: ciò è necessario in quanto ODESSE è stato sviluppato per la simulazione di un intero edificio considerato come zona unica. Per far ciò si è pensato di annullare le superfici disperdenti adottando l'ipotesi che fra due abitazioni confinanti climatizzate non si instaurano fenomeni di scambio termico per cui la parete di confine non fornisce nessun contributo.

È stata pertanto sviluppata una procedura per automatizzare le simulazioni in funzione delle superfici disperdenti (riportata in appendice A), dell'epoca costruttiva e della tipologia di abitazione; con tale procedura con un lancio si completava il numero di simulazioni richieste per ogni città rappresentativa della zona climatica. Successivamente si è proceduto a semplificare i dati di ingresso necessari al software, determinando sulla base dell'esperienza e della normativa vigente quelle caratteristiche dell'edificio necessarie ad ODESSE ma non desumibili dall'indagine. Il problema più grande è legato alla determinazione delle stratigrafie delle superfici opache. Si è partiti dalla determinazione delle trasmittanze [paragrafo 2.2] e in accordo con le UNI TS 11300 sono state creati i pacchetti murari. Si può intuire come un tale procedimento introduca un certo errore nei risultati prodotti in quanto in ODESSE il pacchetto murario influenza fortemente le prestazioni energetiche dell'edificio.

I primi risultati prodotti, che hanno comportato un notevole impegno computazionale legato ai tempi di simulazione, hanno sconsigliato l'impiego di ODESSE in quanto non adatto allo scopo poiché, si ribadisce, le informazioni di ingresso richieste non sono adeguate al livello di dettaglio desumibile dalle informazioni dell'indagine.

A titolo di esempio si riporta una tabella (Tabella 43) che riporta i primi risultati prodotti da ODESSE per regione Veneto ed epoca costruttiva "ante 1950", in funzione delle combinazioni di esposizioni possibili, desunte dall'indagine (tabella "Codice Simulazione").

Tabella 43 - Consumi annuali [kWh] determinati con metodo ODESSE

	SIMULAZIONI ODESSE							Codice Simulazioni					
	Sim1	Sim2	Sim3	Sim4	Sim5	Sim6		Sim1	Sim2	Sim3	Sim4	Sim5	Sim6
unif.	15'695							unica					
plurif.	10'926	13'391						N-S	N-E-S				
app. terra	1'700	1'694	1'583	3'312	3'462	3'564		N	E	S	N-S	O-E	N-E
app. interm.	1'358	1'312	1'288	2'996	3'115	3'211		N	E	S	N-S	O-E	N-E
app. ultimo	7'895	7'883	7'304	10'550	10'820	10'960		N	E	S	N-S	O-E	N-E

Si nota subito come i consumi delle abitazioni degli appartamenti calcolati forniscano valori estremamente bassi, non congruenti con la qualità dell'involucro edilizio determinata: mentre i valori di trasmittanza si attestano su una qualità medio bassa, i consumi sono da edifici quasi passivi!

Questi primi risultati hanno portato alla decisione di non proseguire l'attività con il software ODESSE. La scelta del nuovo strumento di simulazione è caduta su un software sviluppato per ENEA dall'Università degli Studi di Catania nello scorso triennio, PAR 2012-14, descritto brevemente nel paragrafo successivo (per una descrizione dettagliata vedere [8]).

4.1 Modello di simulazione

Il modello di simulazione che si è deciso di utilizzare è basato su quello proposto dalla Norma Internazionale UNI EN 13790:2008, si tratta del modello dinamico semplificato a cinque resistenze ed una capacità (*R5C1*), che consente un calcolo dei consumi energetici orari per un "giorno medio" di ciascun mese ed è valido sia per la stagione invernale, sia per quella estiva.

Lo schema del modello è riportato in Figura 3.

I nodi rappresentano le temperature di ventilazione, θ_{sup} , esterna, θ_e , della massa, θ_m , della superficie, θ_s , e dell'aria interna, θ_{air} . Le conduttanze termiche sono: la conduttanza di ventilazione, H_{ve} , la conduttanza di trasmissione per le pareti vetrate, $H_{tr,w}$, la conduttanza di trasmissione per le pareti opache verso la massa delle pareti, $H_{tr,em}$, la conduttanza di trasmissione per le pareti opache verso la superficie delle pareti, la conduttanza di trasmissione radiativa fra la superficie delle pareti e l'aria interna. I flussi termici sono: flusso termico verso la massa delle pareti, Φ_m , il flusso termico verso la superficie delle pareti, Φ_{st} , il flusso termico interno all'edificio, Φ_{is} , ed il flusso termico scambiato, $\Phi_{HC,nd}$.

La Norma UNI ISO EN 13790 definisce in modo univoco le conduttanze termiche e propone una modalità di soluzione riferita alle condizioni medie mensili giornaliere e alle condizioni medio orarie giornaliere mensili.

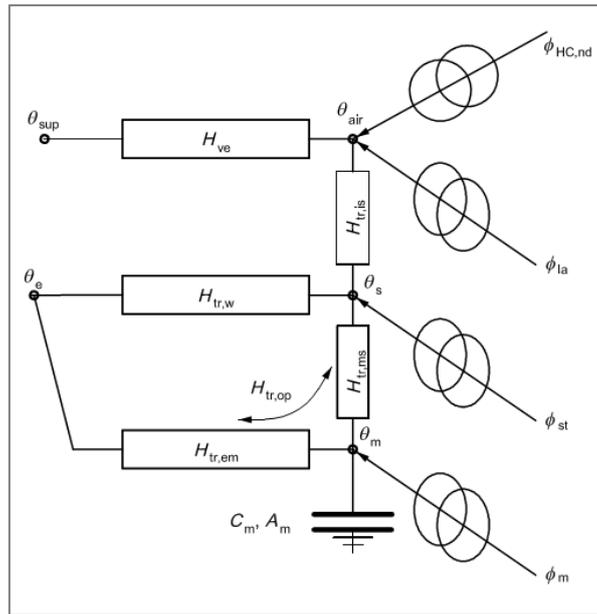


Figura 3 - Schema modello R5C1

La soluzione diretta porta a calcolare, fissate le temperature e le conduttanze termiche, il flusso netto scambiato, $\Phi_{HC,nd}$, al variare delle condizioni climatiche. Tale soluzione comporta la soluzione di un'equazione differenziale relativo al bilancio termico al nodo θ_m :

$$C_m \frac{dT_m}{dt} + H_{tr,em} + H_{tr,ms} - H_{tr,ms} \frac{H_{tr,ms}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}} T_m = F_m + H_{tr,em} T_e + H_{tr,ms} \frac{F_{si} + H_{tr,w} T_e + H_{si} T_{air}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}}$$

Per il flusso netto scambiato si ha:

$$\Phi_{HC,nd} = H_{ve} (T_{air} - T_{sup}) + H_{si} (T_{air} - T_{si}) - \Phi_{air}$$

La soluzione recursiva, basata sul metodo di Heun, è;

$$T_m(t_{n+1}) = \left(1 - \lambda \frac{T}{2}\right) T_m(t_n) + \frac{T}{2} (-\lambda T_m(t_n) + g(t_n)) + \frac{T}{2} g(t_{n+1})$$

ove si pongono:

$$\lambda = \frac{H_{tr,em} + H_{tr,ms} - H_{tr,ms} \frac{H_{tr,ms}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}}}{C}$$

$$g = \frac{\Phi_m + H_{tr,em} T_e + H_{tr,ms} \frac{\Phi_{si} + H_{tr,w} T_e + H_{si} T_{air}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}}}{C}$$

Il calcolo così predisposto risulta sufficiente rapido ed è stato implementato su foglio di calcolo Excel.

I dati di input necessari al modello sono:

- trasmittanza termica del componente, $W/(m^2K)$.
- fattore di partecipazione (previsto dalla UN EN 13790)

- la superficie utile totale dell'elemento, m².
- fattore di assorbimento solare per le pareti opache e la trasmittanza solare globale per le superfici trasparenti;
- il fattore di shading per il componente considerato (come da norma UNI EN 13790).
- altezza totale dell'edificio, m;
- numero di ricambi orari in condizioni di assenza di VMC;
- temperatura di mandata dell'aria di ventilazione nel caso di ventilazione meccanica controllata;
- temperatura ambiente che si desidera avere durante l'attenuazione notturna.
- flusso specifico verso la volta celeste;
- temperatura di regolazione degli impianti (posta pari a 20°C nei mesi invernali e 26 °C nei mesi estivi);
- pressione totale atmosferica per la località considerata;
- umidità dell'aria di ventilazione;
- intensità di calore latente delle sorgenti interne.

Una caratteristica importante del metodo è la possibilità di personalizzare i vettori di input per tenere conto dei dati meteo, dei profili d'uso reali degli impianti e degli apporti interni.

Come output il modello fornisce per ogni giorno rappresentativo del mese un profilo orario del carico latente, del carico totale richiesto, del fattore di riduzione per riscaldamento intermittente, della temperatura interna dell'aria e della superficie interna della parete.

Tale modello risulta semplificato e richiede un dettaglio di dati di ingresso che si combina abbastanza bene con le informazioni desumibili dall'indagine.

4.2 Simulazioni

Nell'implementazione del modello R5C1 realizzata dall'Università di Catania, che prevedeva una modalità di riscaldamento continua è stata aggiunta la parte di calcolo relativa alla determinazione del fattore di riduzione per riscaldamento intermittente che riduce il fabbisogno di energia utile per riscaldamento (così come definita nella norma UNI TS 11300-1/2014 , prospetto 1 e §5.2 [1]) di un edificio o abitazione in funzione delle ore di accensione giornaliera degli impianti e che consente quindi di passare ad una modalità di riscaldamento intermittente (si veda il paragrafo 3.1)

Il calcolo del fattore adimensionale di riduzione per riscaldamento intermittente $a_{H,red}$, dato dalla formula

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \frac{t_{H,O}}{t_{\emptyset}} \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_H} (1 - f_{H,hr})$$

è stato integrato nella macro con cui il foglio di excel esegue tutti i calcoli; in particolare è stato creato un nuovo foglio di calcolo (Figura 4) in cui viene calcolato, ora per ora, il rapporto fra i guadagni termici dovuti a sorgenti interne di calore e alla componente radiativa che attraversa le superfici trasparenti e il fabbisogno totale di energia termico e tutti gli altri fattori necessari alla determinazione di $a_{H,red}$.

Per rendere più agevole l'inserimento dei parametri necessari a lanciare le simulazione e nel contempo ridurre la possibilità di errore umano è stata realizzata un'altra macro che consente automaticamente di lanciare più simulazioni in sequenza, risultanti dalle varie combinazioni di esposizione per ogni zona climatica e per ogni epoca costruttiva. La macro legge i dati di input delle varie simulazioni da un foglio di lavoro appositamente creato, che fornisce i valori di tutti i parametri necessari a ciascuna simulazione.

Nella Figura 5 è riportato un estratto di tale foglio, riferita a tre tipologie di abitazioni (unifamiliare, plurifamiliare e appartamento piano terra) relativamente al parametro trasmittanza termica.

D42																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
Ora	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Inverno	Estate	
4	1	488.15	492.60	508.39	526.16	531.92	520.87	497.64	505.86	526.30	530.80	514.33	494.50	1	0	
5	2	487.54	491.50	506.56	524.37	532.47	523.24	503.91	510.42	528.41	529.82	513.42	493.73	1	0	
6	3	486.95	490.79	505.20	522.05	532.90	525.83	508.65	513.76	529.49	529.00	512.51	492.97	1	0	
7	4	486.67	490.11	503.84	520.00	533.21	527.61	511.28	516.07	530.13	528.11	512.06	492.23	1	0	
8	5	486.39	489.77	502.50	519.16	539.85	500.58	618.69	516.81	530.72	527.49	511.60	491.50	1	0	
9	6	486.11	489.11	501.61	670.64	1368.67	1646.58	1383.86	801.62	549.70	527.17	511.14	491.50	1	0	
10	7	485.84	488.78	630.80	1264.07	2011.11	2215.14	2055.74	1509.28	980.02	585.96	510.68	491.15	1	0	
11	8	494.86	557.85	1104.66	1775.81	2496.84	2669.26	2577.54	2082.91	1569.66	1002.95	605.21	500.70	1	0	
12	9	708.69	834.65	1599.41	2339.16	3097.33	3261.41	3234.28	2723.61	2155.14	1480.25	900.00	707.36	1	1	
13	10	973.33	1111.02	1977.51	2718.33	3456.49	3597.21	3621.69	3143.72	2563.72	1835.72	1133.63	943.74	1	1	
14	11	1104.76	1267.07	2107.02	2772.93	3430.45	3549.65	3617.34	3199.43	2646.16	1937.21	1221.27	1052.45	1	1	
15	12	1073.75	1228.58	1930.86	2448.88	2954.99	3044.14	3124.53	2792.93	2329.70	1736.16	1135.22	1009.52	1	1	
16	13	1091.47	1249.85	1941.55	2420.78	2903.21	2996.77	3099.85	2763.85	2276.01	1676.57	1109.23	1005.26	1	1	
17	14	993.84	1128.94	1731.47	2128.99	2540.08	2632.41	2721.42	2415.19	1960.55	1429.92	982.90	905.87	1	1	
18	15	823.66	915.08	1368.37	1649.44	1957.70	2032.48	2082.92	1834.31	1477.32	1088.02	800.60	746.45	1	1	
19	16	639.25	687.45	954.01	1114.96	1292.52	1328.82	1322.53	1170.75	969.31	763.70	624.96	589.66	1	1	
20	17	538.98	582.46	767.69	887.45	1018.19	1044.60	1013.68	897.44	752.19	617.52	540.77	515.79	1	1	
21	18	502.94	516.12	614.42	706.33	797.02	814.21	764.75	682.08	587.31	539.08	525.46	506.11	1	1	
22	19	498.16	502.05	527.17	574.32	632.61	645.22	582.56	534.16	505.17	533.02	522.05	501.61	1	1	
23	20	495.29	499.87	520.42	532.63	1018.74	1980.67	1756.41	626.93	502.91	533.48	520.00	499.87	1	1	
24	21	493.35	498.16	517.87	531.83	524.84	497.64	446.43	472.03	509.55	533.32	518.73	498.16	1	0	
25	22	491.15	496.91	515.22	530.56	527.61	504.90	461.38	483.13	515.32	532.99	517.44	496.91	1	0	
26	23	489.77	495.29	512.97	529.55	529.14	510.42	474.91	493.09	519.58	532.34	516.12	495.69	1	0	
27	24	488.47	494.11	510.68	528.11	530.13	515.32	485.73	500.86	523.24	531.64	514.78	494.50	1	0	
28		15309.37	16498.13	22860.22	28736.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21062.23	16274.12	14917.23			Wh/giorno
29		474.59	461.95	708.67	431.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.93	488.22	462.43			kWh/mese
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																

Figura 4 - foglio per il calcolo del coefficiente di riduzione $a_{h,red}$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Elemento	Unif	Plurif N-S	Plurif E-O	Plurif N-E-S	AppTer N	AppTer E	AppTer S	AppTer O	AppTer N-S	AppTer E-O	AppTer N-E	AppTer N-O	AppTer E-S	AppTer S-O	
Nord	1.065	1.065	0	1.065	1.065	0	0	0	1.065	1.065	0	1.065	1.065	0	0
Fin. Nord	3.36	3.36	0	3.36	3.36	0	0	0	3.36	3.36	0	3.36	3.36	0	0
Sud	1.065	1.065	0	1.065	0	0	1.065	0	1.065	0	0	0	1.065	1.065	0
Fin. Sud	3.36	3.36	0	3.36	0	0	3.36	0	3.36	0	0	0	3.36	3.36	0
Est	1.065	0	1.065	1.065	0	0	1.065	0	0	1.065	1.065	0	1.065	0	0
Fin. Est	3.36	0	3.36	3.36	0	0	3.36	0	0	3.36	3.36	0	3.36	0	0
Ovest	1.065	0	1.065	0	0	0	0	1.065	0	1.065	0	1.065	0	1.065	0
Fin. Ovest	3.36	0	3.36	0	0	0	0	3.36	0	3.36	0	3.36	0	3.36	0
Nord Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nord Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pavimento	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245	0.245
Soffitto	1.3762	1.3762	1.3762	1.3762	1.3762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nord	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Fin. Nord	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Sud	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Fin. Sud	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Est	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Fin. Est	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Ovest	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Fin. Ovest	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Nord Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nord Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fin. SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pavimento	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Soffitto	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nord	34.29	34.29	0	34.29	34.29484456	0	0	0	34.29484456	34.29484456	0	34.29484456	34.29484456	0	0

Figura 5 - Foglio inserimento dati simulazione metodo R5C1

I dati climatici in ingresso (temperatura, irraggiamento e umidità) devono essere orari per cui non è possibile usare quelli forniti dalle normative italiane. Si è deciso di usare quelli fornite dal database del programma Energy Plus [9], e scegliere fra questi le città in cui effettuare le simulazioni per ogni zona climatica.

Il criterio adottato è quello di considerare la città (preferibilmente capoluogo di provincia) che ha un numero di gradi giorno che si avvicina più possibile al valore medio dell'intervallo della zona climatica di appartenenza. Le città scelte sono riportate nella Tabella 44.

Tabella 44 - Città di riferimento per le simulazioni

zone climatiche	B	C	D	E	F
intervallo gradi giorno	601-900	901 - 1400	1401 - 2100	2101 - 3000	> 3000
media gradi giorno	750	1150	1550	2450	4000
città riferimento (GG)	Palermo (751)	Lecce (1153)	Pisa (1694)	Novara (2463)	Tarvisio (3959)

Al termine di ogni ciclo di simulazioni viene prodotta una matrice con i consumi totali e una con fattori di riduzione per riscaldamento intermittente i coefficienti di attenuazione per ogni simulazione (Figura 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Fabbisogni QH [kWh/anno]																					
1	25671.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	unica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	26928.21	26821.49	28217.09	0	0	0	0	0	0	0	N-S	E-O	N-E-S	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15974.85	15773.60	15833.54	15856.78	17272.21	17164.72	17231.60	17287.82	17149.11	17205.33	N	E	S	O	N-S	E-O	N-E	N-O	E-S	S-O	
4	8140.78	8178.31	8141.68	8129.17	11621.09	11595.75	11623.79	11620.67	11596.18	11593.05	N	E	S	O	N-S	E-O	N-E	N-O	E-S	S-O	
5	16191.28	15993.57	16053.00	16076.11	17527.43	17421.78	17487.16	17542.92	17406.28	17462.05	N	E	S	O	N-S	E-O	N-E	N-O	E-S	S-O	
6																					
Coeff intermittenza (aH,red)																					
0	0.711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	unica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0.856	0.837	0.841	0	0	0	0	0	0	0	N-S	E-O	N-E-S	0	0	0	0	0	0	0	
2	0.855	0.808	0.830	0.837	0.826	0.801	0.813	0.830	0.797	0.814	N	E	S	O	N-S	E-O	N-E	N-O	E-S	S-O	
3	0.761	0.688	0.721	0.732	0.778	0.747	0.762	0.783	0.742	0.763	N	E	S	O	N-S	E-O	N-E	N-O	E-S	S-O	
4	0.863	0.819	0.839	0.845	0.838	0.816	0.826	0.842	0.812	0.828	N	E	S	O	N-S	E-O	N-E	N-O	E-S	S-O	

Figura 6 - Foglio risultati simulazioni metodo R5C1

5 Metodologia di calcolo dei consumi per riscaldamento: risultati

Il primo risultato ottenuto, che è anche il più importante per le molteplici attività in cui può essere impiegato, è la classificazione dell'intero parco abitativo residenziale italiano in 20 classi di abitazioni tipo determinate come descritto nei paragrafi precedenti.

L'importanza di aver identificato le abitazioni tipo risiede nell'elevato livello di rappresentatività dell'intero parco edilizio residenziale italiano di tale abitazioni tipo, in quanto desunte da un'indagine rivolta ad un campione di 20.000 famiglie opportunamente scelte per descrivere la popolazione residenziale nazionale.

Nei paragrafi che seguono sono riportati i primi risultati sulla determinazione dei profili di carico termico, attività che sarà completata nella prossima annualità, e dei consumi per finalità d'uso e per fonte primaria.

Per quanto riguarda le fonti primarie, sono state considerate quelle richieste dalla tabella che l'Italia dovrà inviare ad EUROSTAT per obbedire agli obblighi di legge:

- gas naturale
- gasolio
- gpl
- energia elettrica
- biomassa

5.1 Profili di consumo

Per ogni abitazione tipo è stato determinato l'andamento della temperatura interna, del carico termico nell'ipotesi di riscaldamento continuo, cioè ipotizzando gli impianti accesi 24 ore al giorno (tale valore coincide con il fabbisogno di energia termica) e di riscaldamento intermittente, cioè considerando un profilo di accensione degli impianti pari al numero di ore totali massime consentite per la zona climatica di appartenenza (secondo quanto previsto dal DPR n. 412 del 26-08-1993).

I grafici di Figura 7, Figura 8e Figura 9 mostrano, a titolo di esempio, tali profili per l'abitazione tipo appartamento ultimo piano, epoca di costruzione ante 1950.

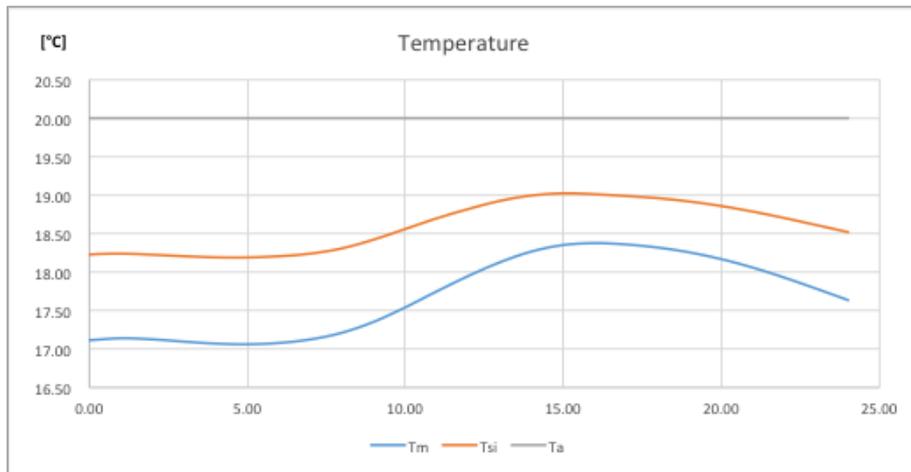


Figura 7 - Profilo di temperatura interna [°C], riscaldamento continuo

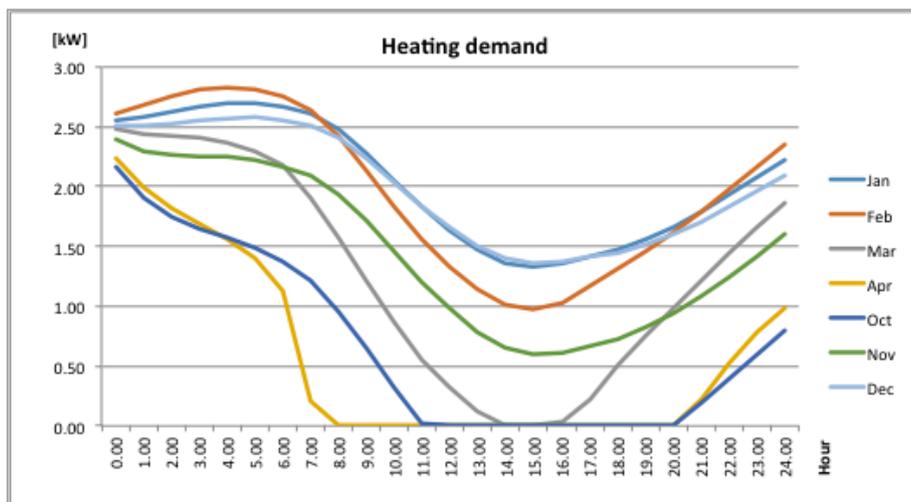


Figura 8 - Profilo orario del carico termico per il giorno medio [kW], con riscaldamento continuo

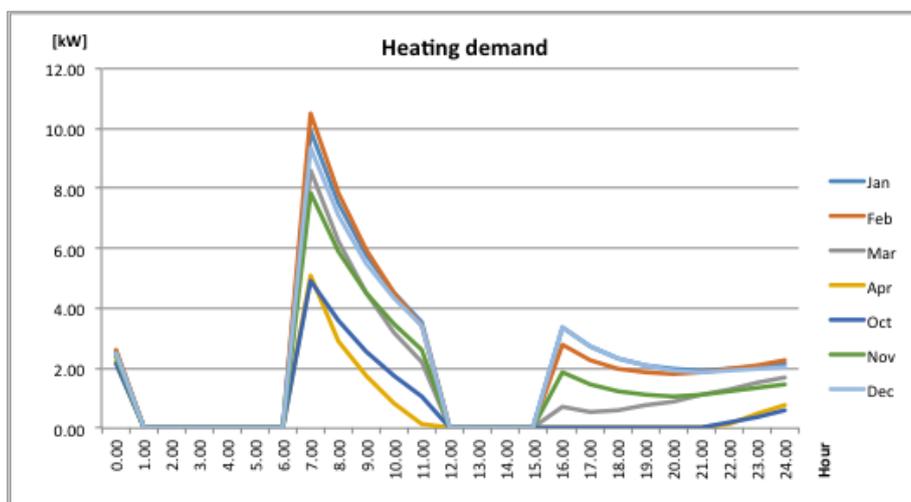


Figura 9 - Profilo orario del carico termico per il giorno medio [kW], con riscaldamento intermittente

La Figura 9 mostra chiaramente come la presenza di un profilo di accensione evidenzia una differente distribuzione della potenza termica richiesta dall'impianto: si passa, per il caso esaminato, da una potenza massima di circa 3 kW del riscaldamento continuo (Figura 8) ai circa 11 kW di quello intermittente. Ovviamente la presenza del profilo di accensione consente al modello R5C1 di fornire informazioni più dettagliate sull'andamento della richiesta energetica e molto più vicine al comportamento reale degli edifici.

La Figura 10 fornisce un esempio di profilo mensile di consumo termico di un abitazione tipo, riferito ad una sola simulazione delle 34 possibili per ciascuna epoca costruttiva e per ogni zona climatica. Come già anticipato, l'attività sulla determinazione dei profili è in corso, sarà completata solo a valle della fase di validazione del modello e sarà oggetto della prossima annualità; i risultati presentati hanno lo scopo di evidenziare le potenzialità offerte dal modello.

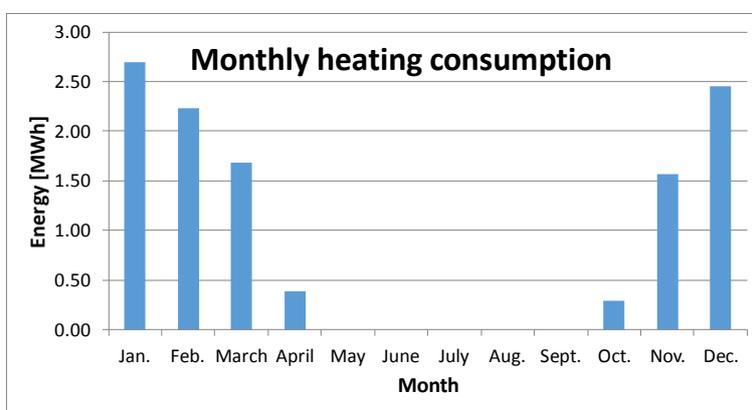


Figura 10 - Profilo dei consumi mensili per riscaldamento [MWh]

5.2 Calcolo dei consumi di energia primaria

Come descritto nel paragrafo 4.2 il modello software R5C1 fornisce per ciascuna delle 34 configurazioni possibili per ogni epoca costruttiva e per ogni zona climatica (ma per tutte le tipologie di abitazioni) il consumo annuale di energia termica. Per determinare i consumi di energia primaria è stata utilizzata la procedura descritta nel capitolo 0, di cui nel presente paragrafo sono presentati i risultati.

Poiché sono state individuate 4 epoche costruttive, per ciascuna zona climatica si ottengono 136 simulazioni che forniscono i consumi di energia termica e i fattori di riduzione per riscaldamento intermittente; questi moltiplicati fra loro forniscono il consumo di energia termica in regime intermittente, cioè tenendo conto delle ore medie giornaliere di accensione degli impianti (Tabella 47), desunti dall'indagine. Nella Tabella 45, Tabella 46 e Tabella 47 sono riportati a titolo esemplificativo i risultati ottenuti per la sola zona C, i cui le singole celle vanno lette con il codice di simulazione Tabella 22.

Tabella 45 - Fabbisogno energia termica, riscaldamento continuo

Fabbisogno energia termica, riscaldamento continuo [kWh/a]									
ZONA C (Lecce)									
epoca costruttiva: ante 1950									
Sim1	Sim2	Sim3	Sim4	Sim5	Sim6	Sim7	Sim8	Sim9	Sim10
16406.51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12834.92	12751.32	13907.69	0	0	0	0	0	0	0
5949.95	5827.89	5840.14	5849.20	8335.29	8276.58	8329.68	8339.34	8272.53	8282.19
2976.02	2970.72	2955.77	2947.97	4780.99	4743.00	4782.36	4781.16	4742.84	4741.63
7023.87	6907.40	6921.23	6931.21	9498.87	9441.43	9492.58	9503.41	9436.89	9447.72
epoca costruttiva: 1950-1969									
14132.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11429.39	11356.56	12213.28	0	0	0	0	0	0	0
5447.34	5335.28	5345.29	5352.92	6182.47	6117.43	6173.44	6188.71	6111.20	6126.47
2333.88	2341.55	2325.28	2316.50	3961.73	3933.75	3965.33	3960.37	3935.11	3930.15
6300.44	6196.25	6207.69	6216.14	7189.19	7128.59	7179.58	7195.68	7122.10	7138.20
epoca costruttiva: 1970-1989									
12751.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10477.65	10383.79	11189.85	0	0	0	0	0	0	0
4672.09	4522.53	4543.02	4557.13	6419.01	6351.36	6410.46	6425.05	6345.32	6359.92
1805.64	1794.10	1779.57	1772.20	3083.38	3044.04	3084.48	3083.81	3043.60	3042.93
5319.24	5188.72	5204.59	5216.32	7040.43	6976.49	7031.41	7046.70	6970.22	6985.51
epoca costruttiva: post 1990									
11598.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9531.00	9426.50	10034.32	0	0	0	0	0	0	0
3875.42	3728.67	3747.25	3760.26	5493.46	5429.15	5486.24	5498.66	5423.95	5436.37
1510.30	1505.99	1490.21	1481.84	2632.85	2597.43	2635.44	2632.24	2598.05	2594.84
4474.06	4334.38	4346.07	4357.66	6171.51	6105.01	6163.64	6177.15	6099.36	6112.87

Tabella 46 - Fattore di riduzione per riscaldamento intermittente

Fattore di riduzione per riscaldamento intermittente, $a_{H,red}$ [kWh/a]									
ZONA C (Lecce)									
epoca costruttiva: ante 1950									
Sim1	Sim2	Sim3	Sim4	Sim5	Sim6	Sim7	Sim8	Sim9	Sim10
0.552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.546	0.494	0.514	0	0	0	0	0	0	0
0.549	0.379	0.417	0.438	0.713	0.664	0.700	0.720	0.657	0.676
0.442	0.317	0.317	0.317	0.455	0.363	0.433	0.468	0.350	0.386
0.213	0.213	0.213	0.213	0.405	0.338	0.388	0.415	0.328	0.355
epoca costruttiva: 1950-1969									
0.545	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.557	0.511	0.529	0	0	0	0	0	0	0
0.596	0.453	0.485	0.503	0.520	0.444	0.501	0.530	0.433	0.463
0.418	0.346	0.346	0.346	0.487	0.409	0.468	0.497	0.398	0.428
0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
epoca costruttiva: 1970-1989									
0.421	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.383	0.383	0.383	0	0	0	0	0	0	0
0.354	0.354	0.354	0.354	0.577	0.514	0.561	0.586	0.505	0.530
0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346
0.304	0.304	0.304	0.304	0.304	0.304	0.304	0.304	0.304	0.304

epoca costruttiva: post 1990									
0.520	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.485	0.427	0.446	0	0	0	0	0	0	0
0.354	0.254	0.254	0.254	0.602	0.545	0.588	0.609	0.537	0.559
0.329	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329
0.229	0.229	0.229	0.229	0.379	0.307	0.362	0.389	0.297	0.325

Tabella 47 - Fabbisogno energia termica, riscaldamento intermittente

Fabbisogno energia termica, riscaldamento intermittente [kWh/a]									
ZONA C (Lecce)									
epoca costruttiva: ante 1950									
Sim1	Sim2	Sim3	Sim4	Sim5	Sim6	Sim7	Sim8	Sim9	Sim10
9059	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7003	6302	7143	0	0	0	0	0	0	0
3266	2211	2437	2563	5941	5493	5833	6000	5433	5600
1316	941	936	934	2177	1721	2069	2237	1661	1829
1493	1468	1471	1473	3850	3187	3685	3942	3095	3352
epoca costruttiva: 1950-1969									
7696	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6362	5798	6465	0	0	0	0	0	0	0
3245	2419	2593	2690	3214	2717	3092	3282	2649	2840
976	810	804	801	1929	1608	1856	1969	1568	1681
1418	1394	1397	1399	1618	1604	1615	1619	1602	1606
epoca costruttiva: 1970-1989									
5366	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4016	3980	4289	0	0	0	0	0	0	0
1655	1602	1609	1614	3703	3266	3598	3762	3206	3371
624	620	615	613	1066	1053	1067	1066	1053	1052
1618	1578	1583	1587	2141	2122	2139	2143	2120	2125
epoca costruttiva: post 1990									
6026	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4627	4021	4479	0	0	0	0	0	0	0
1372	948	952	956	3305	2961	3225	3351	2915	3041
497	496	491	488	867	855	868	866	855	854
1025	993	996	999	2340	1876	2228	2403	1814	1988

Per poter ottenere i consumi specifici di ciascuna delle 20 abitazioni tipo (Tabella 48), le 34 configurazioni relative alle combinazioni dei diversi orientamenti per ciascuna abitazione tipo, sono pesate in funzione dell'incidenza percentuale degli orientamenti possibili (Tabella 49) per ciascuna abitazione tipo (calcolata rispetto alle superfici) e divisi per le superfici in pianta; tali valori non tengono conto dell'incidenza percentuale (funzione della superficie) di ciascuna abitazione rispetto all'intero campione censito.

Tabella 48 - Consumi specifici di energia termica abitazioni tipo (non pesate)

	Consumi specifici energia termica abitazioni tipo non pesati [kWh/m ² a]			
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
unif.	77.51	70.75	43.32	44.30
plurif.	64.46	62.39	35.33	35.68
app. terra	50.54	33.46	28.31	25.05
app. interm.	16.49	14.72	8.95	7.35
app. ultimo	26.87	16.38	19.22	16.37

Tabella 49 - Pesi simulazioni per orientamenti

Pesi simulazioni per orientamenti									
ZONA C (Lecce)									
Sim1	Sim2	Sim3	Sim4	Sim5	Sim6	Sim7	Sim8	Sim9	Sim10
100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41.25%	32.99%	25.76%	0	0	0	0	0	0	0
12.20%	11.31%	13.21%	6.28%	10.30%	14.39%	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%
12.20%	11.31%	13.21%	6.28%	10.30%	14.39%	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%
12.20%	11.31%	13.21%	6.28%	10.30%	14.39%	6.66%	6.66%	11.81%	7.19%

La Tabella 50 riporta il peso delle superfici di ciascuna classe di abitazione tipo calcolato come rapporto fra la superficie totale delle abitazioni censite ripartite nelle rispettive zone climatiche e la superficie totale delle abitazioni censite ripartite.

Tabella 50 - Peso superficie abitazioni tipo per zona climatica

Peso per superficie				
Zona B (Palermo)				
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
unif.	2.43%	4.08%	4.57%	2.89%
plurif.	1.15%	1.85%	3.06%	1.78%
app. terra	3.61%	4.08%	4.95%	4.14%
app. interm.	3.66%	5.51%	6.61%	7.00%
app. ultimo	2.74%	3.76%	6.24%	5.74%
Zona C (Lecce)				
unif.	12.61%	18.06%	20.70%	19.64%
plurif.	9.10%	12.84%	15.51%	11.54%
app. terra	11.61%	18.60%	21.63%	14.18%
app. interm.	14.18%	19.90%	22.33%	20.56%
app. ultimo	11.44%	17.98%	22.70%	20.01%
Zona D (Pisa)				
unif.	23.83%	25.53%	26.00%	23.64%
plurif.	25.59%	26.13%	25.76%	26.81%
app. terra	29.43%	29.14%	29.01%	24.46%
app. interm.	34.11%	29.00%	29.16%	26.89%
app. ultimo	39.54%	29.95%	24.98%	22.34%
Zona E (Novara)				
unif.	50.65%	46.04%	40.73%	43.58%
plurif.	53.13%	50.67%	47.20%	52.50%
app. terra	46.20%	42.00%	36.36%	47.58%
app. interm.	41.43%	41.87%	38.18%	40.99%
app. ultimo	40.66%	45.06%	39.60%	44.09%
Zona F (Tarvisio)				
unif.	10.48%	6.29%	7.99%	10.17%
plurif.	11.04%	8.52%	8.47%	7.38%
app. terra	9.15%	6.18%	8.05%	9.64%
app. interm.	6.62%	3.72%	3.71%	4.39%
app. ultimo	5.61%	3.25%	6.49%	7.81%

Il consumo specifico di energia termica di ciascuna abitazione tipo (Tabella 52), relativo all'intero campione dell'indagine (indipendentemente dalla zona climatica) si ottiene moltiplicando il consumo specifico di ciascuna abitazione tipo, precedentemente determinato, per i pesi della Tabella 50 e sommando i risultati ricavati per ogni zona climatica (Tabella 51).

Quelli così determinati rappresentano il valore di riferimento da associare a ciascuna abitazione tipo, rappresentativo dell'intero parco residenziale italiano.

Tabella 51 - Consumi specifici energia termica abitazioni tipo pesati [kWh/m²a]

	Consumi specifici energia termica abitazioni tipo pesati [kWh/m²a]			
	Zona B (Palermo)			
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
unif.	0.70	1.15	1.18	0.52
plurif.	0.26	0.39	0.46	0.20
app. terra	0.62	0.47	0.45	0.38
app. interm.	0.16	0.28	0.26	0.22
app. ultimo	0.34	0.48	0.64	0.43
	Zona C (Lecce)			
unif.	9.77	12.78	8.97	8.70
plurif.	5.86	8.01	5.48	4.12
app. terra	5.87	6.22	6.12	3.55
app. interm.	2.34	2.93	2.00	1.51
app. ultimo	3.07	2.94	4.36	3.28
	Zona D (Pisa)			
unif.	39.23	30.89	16.99	18.72
plurif.	36.81	27.94	15.83	18.50
app. terra	29.89	19.80	15.42	14.03
app. interm.	15.48	10.49	5.64	4.82
app. ultimo	36.61	12.30	9.21	9.19
	Zona E (Novara)			
unif.	136.37	115.88	72.66	69.74
plurif.	129.72	117.21	77.34	79.29
app. terra	79.87	55.37	40.34	50.90
app. interm.	36.63	31.42	18.72	19.95
app. ultimo	68.03	58.24	43.75	46.41
	Zona F (Tarvisio)			
unif.	40.07	22.60	20.16	23.41
plurif.	38.12	27.77	19.36	15.80
app. terra	22.90	12.06	13.10	14.91
app. interm.	8.90	4.33	2.97	3.20
app. ultimo	12.97	6.14	10.23	12.21

Tabella 52 - Consumi specifici energia termica abitazioni tipo indipendenti da zona climatica [kWh/m²a]

	Consumi specifici energia termica abitazioni tipo indipendenti da zona climatica [kWh/m ² a]			
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
unif.	226.15	183.29	119.95	121.08
plurif.	210.77	181.32	118.47	117.92
app. terra	139.14	93.92	75.44	83.76
app. interm.	63.51	49.45	29.59	29.70
app. ultimo	121.03	80.10	68.20	71.51

Per poter determinare i consumi di energia primaria occorre considerare i rendimenti medi degli impianti alimentati da ciascuna delle fonti primarie considerate.

Essendo l'attività di validazione tutt'ora in corso, alla data di stesura del presente rapporto tecnico sono stati ricavati i consumi totali per il metano (Tabella 53), il gasolio (Tabella 54) e il gpl (Tabella 55).

Tabella 53 - Consumi specifici Metano

	Rendimento impianti a Metano per anni e zona climatica [-]				Consumo specifici riscaldamento abitazioni tipo Metano [kWh/m ² a]			
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
	Zona B (Palermo)				Zona B (Palermo)			
unif.	0.76	0.78	0.77	0.78	36.11	34.73	32.25	22.18
plurif.	0.74	0.78	0.77	0.78	33.94	27.05	19.14	14.47
app. terra	0.77	0.78	0.78	0.77	37.41	39.66	12.78	15.26
app. interm.	0.80	0.81	0.80	0.80	13.57	10.36	5.33	5.12
app. ultimo	0.80	0.81	0.80	0.80	19.13	18.47	13.14	10.32
	Zona C (Lecce)				Zona C (Lecce)			
unif.	0.77	0.78	0.77	0.78	103.60	94.04	57.92	58.89
plurif.	0.78	0.78	0.77	0.78	86.07	83.15	47.35	47.09
app. terra	0.77	0.77	0.77	0.77	67.74	44.74	38.12	33.66
app. interm.	0.80	0.80	0.80	0.80	21.34	19.04	11.62	9.50
app. ultimo	0.80	0.80	0.80	0.81	34.77	21.08	24.96	21.02
	Zona D (Pisa)				Zona D (Pisa)			
unif.	0.78	0.77	0.77	0.78	214.42	158.70	86.04	102.54
plurif.	0.77	0.77	0.77	0.78	189.44	140.07	81.04	89.37
app. terra	0.77	0.77	0.76	0.77	134.22	89.48	70.62	75.15
app. interm.	0.80	0.80	0.79	0.80	57.14	45.92	24.61	22.54
app. ultimo	0.80	0.80	0.79	0.80	116.75	52.11	46.94	51.75
	Zona E (Novara)				Zona E (Novara)			
unif.	0.77	0.77	0.76	0.78	315.21	296.13	210.67	184.91
plurif.	0.78	0.77	0.76	0.78	283.48	271.54	193.45	174.32
app. terra	0.77	0.78	0.77	0.78	202.01	152.79	130.56	124.40
app. interm.	0.80	0.80	0.79	0.81	99.48	84.97	55.76	54.49
app. ultimo	0.80	0.80	0.79	0.80	188.50	146.50	125.53	118.07

	Zona F (Tarvisio)				Zona F (Tarvisio)			
unif.	0.78	0.77	0.77	0.79	472.91	451.33	316.43	283.90
plurif.	0.78	0.76	0.79	0.79	428.08	414.62	282.21	261.42
app. terra	0.77	0.77	0.77	0.79	313.33	245.98	203.83	190.43
app. interm.	0.81	0.80	0.79	0.81	160.95	140.25	97.75	87.68
app. ultimo	0.80	0.80	0.80	0.81	278.65	229.37	191.48	187.83

Tabella 54 - Consumi specifici Gasolio

	Rendimento impianti a Gasolio per anni e zona climatica [-]				Consumo specifici riscaldamento abitazioni tipo Gasolio [kWh/m2 a]			
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
	Zona B (Palermo)				Zona B (Palermo)			
unif.	0.78	0.00	0.70	0.78	35.52	0.00	35.33	22.26
plurif.	0.78	0.00	0.00	0.00	32.27	0.00	0.00	0.00
app. terra	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	12.99	0.00
app. interm.	0.80	0.74	0.71	0.00	13.64	11.39	5.96	0.00
app. ultimo	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	14.17	0.00
	Zona C (Lecce)				Zona C (Lecce)			
unif.	0.73	0.73	0.73	0.76	109.41	100.33	61.30	60.53
plurif.	0.78	0.78	0.73	0.78	85.92	83.16	50.12	47.56
app. terra	0.71	0.73	0.72	0.70	73.73	47.52	40.79	36.81
app. interm.	0.71	0.73	0.73	0.73	23.89	20.89	12.78	10.45
app. ultimo	0.00	0.77	0.73	0.00	0.00	22.08	27.09	0.00
	Zona D (Pisa)				Zona D (Pisa)			
unif.	0.73	0.73	0.74	0.76	228.43	166.72	89.89	105.07
plurif.	0.73	0.74	0.72	0.78	200.22	145.21	86.73	89.82
app. terra	0.76	0.72	0.74	0.00	134.54	94.83	73.07	0.00
app. interm.	0.74	0.74	0.73	0.80	61.87	49.61	26.59	22.78
app. ultimo	0.71	0.71	0.74	0.00	130.98	58.08	50.29	0.00
	Zona E (Novara)				Zona E (Novara)			
unif.	0.71	0.72	0.72	0.75	339.67	316.83	222.37	191.60
plurif.	0.72	0.73	0.71	0.77	306.18	284.72	206.91	177.52
app. terra	0.75	0.73	0.73	0.73	207.02	163.17	137.37	133.04
app. interm.	0.74	0.73	0.74	0.78	107.59	92.70	60.15	56.17
app. ultimo	0.74	0.73	0.72	0.77	203.65	160.31	137.51	123.74
	Zona F (Tarvisio)				Zona F (Tarvisio)			
unif.	0.74	0.73	0.72	0.76	497.76	472.29	338.05	292.51
plurif.	0.74	0.74	0.73	0.76	454.23	428.61	302.67	274.46
app. terra	0.71	0.74	0.72	0.76	340.70	256.11	218.75	198.07
app. interm.	0.74	0.73	0.72	0.75	175.94	154.07	107.08	94.46
app. ultimo	0.73	0.71	0.73	0.78	305.72	256.32	208.52	193.76

Tabella 55 – Consumi specifici Gpl

	Rendimento impianti a Gpl per anni e zona climatica [-]				Consumo specifici riscaldamento abitazioni tipo Gpl [kWh/m ² a]			
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
	Zona B (Palermo)				Zona B (Palermo)			
unif.	1.00	0.92	0.87	0.82	30.66	31.03	29.88	21.62
plurif.	0.89	0.93	0.96	0.86	29.67	24.30	16.75	13.70
app. terra	0.78	1.00	0.95	0.80	36.88	34.16	11.24	14.80
app. interm.	1.00	0.96	0.89	0.88	12.06	9.52	4.92	4.88
app. ultimo	0.00	0.95	0.90	0.79	0.00	16.56	12.32	10.47
	Zona C (Lecce)				Zona C (Lecce)			
unif.	0.90	0.88	0.82	0.81	94.12	87.37	55.90	57.47
plurif.	0.83	0.81	0.82	0.82	82.96	81.64	45.72	45.77
app. terra	0.84	0.90	0.88	0.79	64.92	40.90	35.27	33.03
app. interm.	0.90	0.91	0.88	0.84	19.74	17.78	11.05	9.28
app. ultimo	0.95	0.89	0.88	0.85	30.92	19.70	23.51	20.59
	Zona D (Pisa)				Zona D (Pisa)			
unif.	0.81	0.82	0.78	0.79	208.19	152.45	84.85	101.90
plurif.	0.79	0.88	0.76	0.80	185.42	130.31	81.95	87.65
app. terra	0.82	0.84	0.76	0.79	128.05	81.98	71.10	73.29
app. interm.	0.80	0.82	0.84	0.80	57.69	45.18	23.93	22.55
app. ultimo	0.00	1.00	0.80	0.81	0.00	46.13	46.85	51.42
	Zona E (Novara)				Zona E (Novara)			
unif.	0.78	0.78	0.79	0.79	311.38	292.40	206.21	183.27
plurif.	0.77	0.78	0.76	0.79	285.33	267.89	194.44	173.30
app. terra	0.78	0.79	0.74	0.76	200.65	150.28	134.77	127.08
app. interm.	0.81	0.81	0.80	0.81	98.62	84.37	55.12	54.09
app. ultimo	0.81	0.90	0.80	0.81	186.61	136.45	124.27	117.40
	Zona F (Tarvisio)				Zona F (Tarvisio)			
unif.	0.76	0.82	0.78	0.79	484.83	431.51	314.82	283.99
plurif.	0.76	0.81	0.84	0.76	440.78	389.62	273.71	271.65
app. terra	0.78	0.78	0.78	0.74	312.15	243.48	202.83	201.69
app. interm.	0.81	0.80	0.78	0.80	161.28	141.83	99.57	88.54
app. ultimo	0.00	0.78	0.00	0.81	0.00	235.76	0.00	187.22

La presenza di valori nulli nella tabella dei rendimenti indicano assenza di impianto alimentato dalla relativa fonte primaria.

Moltiplicando i consumi specifici così ottenuti per i pesi della Tabella 50 si determinano i consumi specifici di energia primaria per ogni fonte e zona climatica che sommati danno i consumi di energia primaria di tutto il campione censito per ogni fonte primaria (Tabella 56).

Tabella 56 - Consumi totali di energia primaria

Consumi energia primaria per riscaldamento classi abitazioni tipo [GWh/a]				
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
Metano				
unif.	19.121	19.410	18.506	9.894
plurif.	7.170	9.177	11.262	7.986
app. terra	3.497	5.094	5.606	3.268
app. interm.	3.175	8.450	6.066	2.265
app. ultimo	1.994	3.119	3.405	1.608
Totale	204.192			
Gasolio				
unif.	2.632	2.864	3.790	1.313
plurif.	0.902	0.986	1.715	0.516
app. terra	0.209	0.404	0.494	0.168
app. interm.	0.211	1.012	0.548	0.048
app. ultimo	0.119	0.300	0.369	0.082
Totale	20.145			
Gpl				
unif.	3.304	1.621	2.898	1.960
plurif.	0.976	0.732	0.767	0.591
app. terra	0.146	0.150	0.126	0.086
app. interm.	0.071	0.184	0.173	0.077
app. ultimo	0.021	0.055	0.091	0.067
Totale	21.443			

6 Metodologia per il calcolo dei consumi per ACS

La metodologia sviluppata per il calcolo dei consumi per la produzione di Acqua Calda Sanitaria è analoga a quella usata per i consumi per riscaldamento, cioè si determina prima il fabbisogno di energia termica, quindi dividendo per i rendimenti di impianto si calcola il consumo di energia primaria per ciascuna fonte.

6.1 Determinazione del fabbisogno di energia termica per ACS

In un primo tempo si è deciso di adottare il metodo di calcolo prevista dalla UNI TS 11300-2/2014, usato sia per la progettazione, sia per valutazioni energetiche dei fabbisogni termici per ACS.

La formula proposta è:

$$Q = \rho c [V_a(T_{er} - T_o)] G$$

in cui:

Q: fabbisogno di energia termica ACS [kWh]

ρ : densità acqua, pari a 1000 [kg/m³]

c: calore specifico acqua, pari a 1,162 10⁻³ [kWh/ kg K]

V_a: volume di acqua giornaliero [m³/giorno]

Ter: temperatura di erogazione acqua per il servizio di ACS, pari a 40 °C

To: temperatura acqua freddo in ingresso, pari alla media delle temperature mensili dell'aria esterna della località considerata (ricavate dalla UNI 10349)

G: numero giorni del periodo di calcolo considerato

Il volume di acqua necessario è stato ricavato dalla formula proposta dalla stessa UNI TS 11300-2/2014, funzione delle superfici delle abitazioni:

$$V_a = a \cdot S_u + b \text{ [l/G]}$$

essendo:

a: parametro in (litri/m² giorno) ricavabile dal prospetto riportato nella Tabella 57

S_u: superficie utile dell'abitazione [m²]

b: parametro in (litri/m giorno) ricavabile dal prospetto riportato nella Tabella 57

Tabella 57 – Valori dei parametri a e b (UNI TS 11300-2/2014)

Superficie utile [m ²]	S _u ≤ 35	35 < S _u ≤ 50	50 < S _u ≤ 200	S _u > 200
a [l/m ² giorno]	0	2.667	1.067	0
b [l/giorno]	50	-43.33	36.67	250

Considerando i valori limiti degli intervalli delle superfici per i parametri a e b risultano i volumi e fabbisogni termici riportati in Tabella 58:

Tabella 58 - Volume utile e fabbisogno termico ACS (UNI TS 11300-2/2014)

Superficie utile [m ²]	S _u ≤ 35	35 < S _u ≤ 50	50 < S _u ≤ 200	S _u > 200
volume utile [l/giorno]	50	50.015	90.02	250
fabbisogno energetico ACS (kWh)	530.16	530.32	954.50	2650.81

6.2 Determinazione delle prestazioni impiantistiche

Per la determinazione del rendimento totale, l'impianto per la produzione di ACS si considera composto da:

- sottosistema di generazione;
- sottosistema di distribuzione.

Analogamente a quanto fatto per l'impianto di riscaldamento, il rendimento globale d'impianto è stato determinato dal prodotto dei rendimenti dei sottosistemi:

$$\gamma_w = \gamma_{wd} \cdot \gamma_{wgn}$$

dove:

γ_w è il rendimento globale dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria

γ_{wd} è il rendimento del sottosistema di distribuzione;

γ_{wgn} è il rendimento del sottosistema di generazione.

Dall'indagine sono emerse 4 tipologie principali di impianto:

- impianto combinato per la produzione di ACS e riscaldamento
- impianto centralizzato per più abitazioni;
- impianto autonomo per l’abitazione singola;
- scaldabagni singoli, a loro volta suddivisi ulteriormente in:
 - scaldabagni elettrici;
 - scaldabagni a metano/gas di rete;
 - scaldabagni a gasolio;
 - scaldabagni a GPL;
 - scaldabagni a legna o altre biomasse;

La determinazione dei rendimenti dei sottosistemi è stata funzione della tipologia d’impianto, come illustrato nei paragrafi seguenti.

6.2.1 Rendimento di distribuzione

Il rendimento di distribuzione è stato calcolato per tutte le tipologie considerando un fattore di perdita (f_p) pari 0,08 con la relazione

$$\gamma_{wd} = \frac{1}{1+f_p} = 0.926$$

6.2.2 Rendimento di generazione

Analogamente a quanto fatto per l’impianto di riscaldamento, il rendimento di generazione è stato determinato al variare della tipologia di impianto, dell’anno a cui risale l’impianto (ipotizzato essere rappresentativo dell’anno a cui risale il generatore di calore) e del vettore energetico che alimenta il generatore.

Nel caso di **impianto combinato** per la produzione di ACS e riscaldamento sono stati considerati i rendimenti dell’impianto di riscaldamento relativo.

I tutti gli altri casi i valori del rendimento di generazioni sono stati determinati come di seguito illustrato

Metano

I rendimenti di generazione degli impianti centralizzati alimentati a metano sono stati desunti come valori medi dei prospetti 27 e 28 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], al variare dell’anno dell’impianto: impianto antecedente al 1996 e impianto realizzato a partire dal 1996. I valori assegnati sono riassunti in Tabella 59.

Nel caso degli impianti autonomi e degli scaldabagno a metano, il rendimento di generazione è stato assunto come la media dei valori per generatori a gas del prospetto 35 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è indicato in Tabella 59.

Tabella 59 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a metano [-]

Tipologia d’impianto	Epoca impianto	γ_{Wgn}
Centralizzato a metano	Antecedente al 1996	0.860
	Dal 1996	0.900
Autonomo a metano	-	0.840
Scaldabagno a metano/gas di rete	-	0.840

Gasolio

I rendimenti di generazione degli impianti centralizzati alimentati a gasolio sono stati desunti come valori medi dei prospetti 27 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], al variare dell'anno dell'impianto: impianto antecedente al 1996 e impianto realizzato a partire dal 1996. I valori assegnati sono riassunti in Tabella 60.

Nel caso degli impianti autonomi e degli scaldabagno a metano, il rendimento di generazione è stato assunto dal prospetto 35 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è indicato in Tabella 60.

Tabella 60 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a gasolio [-]

Tipologia d'impianto	Epoca impianto	γ_{Wgn}
Centralizzato a gasolio	Antecedente al 1996	0.935
	Dal 1996	0.955
Autonomo a gasolio	-	0.827
Scaldabagno a gasolio	-	0.827

GPL

I rendimenti di generazione degli impianti centralizzati sono stati desunti come valori medi dei prospetti 27 e 28 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3] e sono riassunti in Tabella 61.

Nel caso degli impianti autonomi e degli scaldabagno a GPL, il rendimento di generazione è stato assunto come la media dei valori per generatori a gas del prospetto 35 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed è indicato in Tabella 61.

Tabella 61 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a GPL [-]

Tipologia d'impianto	Epoca impianto	γ_{Wgn}
Centralizzato a GPL	Antecedente al 1996	0.860
	Dal 1996	0.900
Autonomo a GPL	-	0.840
Scaldabagno a GPL	-	0.840

Energia Elettrica

Nel caso di scaldabagno/scaldacqua elettrico, il rendimento di generazione è stato desunto dal prospetto 35 della norma UNI TS 11300-2:2014 [3], ed assunto pari a 0.950.

Biomassa

Il valore del rendimento di generazione degli impianti centralizzati alimentati a biomassa è stato determinato utilizzando quanto prescritto dalla norma EN 303-5:2004 [4] per le caldaie a combustibile solido e riscaldamento indiretto, ipotizzando un generatore di potenza nominale pari a 300 kW e di classe 1, ed è riassunto in Tabella 62.

Il valore del rendimento di generazione degli impianti autonomi alimentati a biomassa e degli scaldacqua a biomassa è stato determinato da quanto prescritto dalla norma EN 12809:2004 [10] (a cui fa riferimento il prospetto 18 della norma UNI TS 11300-4:2014 [11]), ipotizzando un generatore di potenza nominale pari a 18 kW, funzionante a ciocchi di legna. Il valore è riassunto in Tabella 62.

Tabella 62 – Rendimento di generazione, impianti alimentati a biomassa [-]

Tipologia d'impianto	γ_{Wgn}
Centralizzato a biomassa	0.720
Autonomo a biomassa	0.664
Scaldabagno a biomassa	0.664

6.3 Risultati

La metodologia descritta non prevede la suddivisione del campione in abitazioni tipo, ma per uniformarla con quella per il calcolo dei consumi per riscaldamento è stata applicata alla classificazione effettuata per il riscaldamento (capitolo 2).

Nella Tabella 63 e Tabella 64 sono riportati rispettivamente il fabbisogno di energia termica e i rendimenti globali per gli impianti alimentati a metano, per ciascuna classe di abitazione tipo che, moltiplicati fra loro consentono di determinare il consumo di energia primaria per ACS.

Tabella 63 – Fabbisogno energia termica abitazioni tipo alimentate a metano

Fabbisogno energia termica abitazioni tipo alimentate a metano [kWh/a]			
ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
1'277'058	1'470'948	2'015'368	1'094'417
498'133	702'608	1'299'200	944'162
756'903	1'622'352	2'192'448	1'034'656
323'767	1'188'686	1'560'921	722'798
66'216	387'489	498'549	133'521

Tabella 64 - Rendimenti impianti ACS alimentati a metano

Rendimenti impianto ACS metano [-]			
ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
0.818	0.819	0.820	0.827
0.824	0.826	0.821	0.831
0.830	0.826	0.828	0.837
0.827	0.821	0.829	0.842
0.814	0.809	0.827	0.838

Tabella 65 – Consumi metano per ACS

Consumi metano ACS [kWh/a]			
ante 1950	50-'60	'70-'80	da '90
1'560'710	1'795'262	2'458'249	1'322'801
604'897	851'057	1'582'244	1'135'857
911'651	1'963'742	2'646'925	1'236'683
391'413	1'447'744	1'882'794	858'920
81'373	478'956	602'990	159'257

7 Modello di calcolo dei consumi energetici per usi cottura

Il codice di calcolo relativo agli usi cottura, implementato in ambiente Matlab®, calcola il consumo energetico annuale dei forni e dei piani cottura domestici sulla base dell'indagine ISTAT sui consumi energetici delle famiglie italiane. Tra i principali dati di input utilizzati vi sono: il tipo, le dimensioni e l'età degli elettrodomestici, la fonte di energia (elettricità, metano, GPL, biomassa), il numero di utilizzatori e la frequenza di utilizzo (occupazione dell'abitazione nel corso dell'anno e numero di utilizzi settimanali degli elettrodomestici). Alcuni parametri sono inoltre ricavati dall'analisi dello stato dell'arte, dalle BAT e da un'indagine di mercato.

La base teorica del modello è tratta dai Regolamenti CE sulla Direttiva Ecodesign per gli apparecchi ad uso cottura, e dalle norme CEI EN 60350 che prescrivono i metodi per la misura delle prestazioni degli apparecchi elettrici domestici. Il codice di calcolo è stato inizialmente implementato e verificato sui dati disponibili per la Regione Veneto e poi esteso su base nazionale.

La validazione del modello è effettuata confrontando i risultati ottenuti con i costi da bolletta per metano e GPL sostenuti in via esclusiva per usi cottura ed ottenuti dall'indagine ISTAT, convertiti in consumi energetici sulla base delle tariffe del Servizio a maggiore tutela (per il metano) e dei monitoraggi delle Camere di Commercio (per GPL). Inoltre, sono stati effettuati confronti con benchmark e altri studi ricavati in letteratura, ottenendo una soddisfacente correlazione.

7.1 Metodologia di calcolo dei consumi per usi cottura

I consumi per usi cottura calcolati dal codice di calcolo sono proporzionali al numero di occupanti; inoltre, per ciascuna abitazione si è tenuto in conto dell'effettiva occupazione ossia di eventuali periodi continuativi e/o ricorrenti durante i quali uno o più occupanti hanno vissuto altrove. In tale modo, il numero di occupanti equivalenti per ciascuna unità familiare è calcolato sommando la frequenza (normalizzata a 1) di soggiorno di ciascun componente nella propria abitazione.

Seguono nel dettaglio i modelli per le due principali tipologie di elettrodomestici considerati: forni e piani cottura. In accordo con le linee guida Eurostat [12], non sono stati considerati apparecchi "ausiliari", quali forni microonde, bollitori, macchine da caffè, robot, tostapane, ecc. in quanto il loro utilizzo è sporadico e difficilmente modellabile da un punto di vista analitico. Tali accessori vanno inclusi nella sezione degli elettrodomestici e il loro consumo energetico può essere stimato sulla base di dati disponibili in letteratura, es. [13].

7.1.1 Forni

Il consumo di energia effettivo necessario per riscaldare il carico normalizzato durante un ciclo di cottura EC_{cavity} è calcolato utilizzando la seguente formula, tratta dall'Allegato II di [14 - 15] e applicabile ai forni a gas ed elettrici per uso domestico:

$$EC_{cavity} = EEI_{cavity} \frac{SEC_{cavity}}{100} \quad \text{Eq. 1}$$

dove EEI_{cavity} è l'indice di efficienza energetica percentuale per singolo ciclo, mentre SEC_{cavity} è il consumo energetico standard necessario per riscaldare un carico normalizzato durante un ciclo, variabile a seconda della fonte energetica e calcolato con le seguenti relazioni:

per i forni elettrici: $SEC_{cavity} = 0,0042 * V + 0,55$ (espresso in kWh)

per i forni a gas: $SEC_{cavity} = 0,0440 * V + 3,53$ (espresso in MJ)

Nelle formule precedenti, V è il volume del compartimento del forno espresso in litri. Per quanto riguarda le dimensioni, l'indagine ISTAT fornisce dati solo per i forni elettrici, suddividendoli in:

- piccoli, ossia di larghezza inferiore a 60 cm, ovvero di capacità inferiore a 52 litri;
- medi, ossia di larghezza pari a 60 cm, ovvero di capacità compresa tra 52 e 54 litri;
- grandi, ossia di larghezza superiore o uguale a 90 cm, ovvero di capacità pari o superiore a 55 litri.

Per trattare in modo analogo anche i forni diversamente alimentati, si è assunto che i forni alimentati a gas naturale e a GPL abbiano mediamente una capacità pari a 57 litri, mentre per i forni a biomassa si è assunto un volume del compartimento riscaldato pari a 50 litri. Ai fini del calcolo del SEC_{cavity} , si è usata anche per i forni a GPL e a biomassa la stessa formula utilizzata per i forni a gas.

La seconda variabile richiesta per calcolare EC_{cavity} è l'indice di efficienza energetica EEI_{cavity} . In base all'Allegato I di [14], le classi di efficienza energetica dei forni per uso domestico sono indicate in Tabella 66.

Tabella 66. Classi di efficienza energetica dei forni alimentati a gas per uso domestico.
Fonte: Regolamento n.65/2014 della Commissione Europea [14]

Classe di efficienza energetica	Indice di efficienza energetica (EEI_{cavity})
A+++ (efficienza massima)	$EEI_{cavity} < 45$
A++	$45 \leq EEI_{cavity} < 62$
A+	$62 \leq EEI_{cavity} < 82$
A	$82 \leq EEI_{cavity} < 107$
B	$107 \leq EEI_{cavity} < 132$
C	$132 \leq EEI_{cavity} < 159$
D (efficienza minima)	$EEI_{cavity} \geq 159$

Utilizzando i dati riportati in letteratura [16], estratti dal database GFK TEMAX, sono stati ricavati i volumi di vendita di forni in Italia in funzione delle classi di efficienza energetica per il periodo dal 2001 al 2009, riportati in Figura 11. In mancanza di analoghi dati nel periodo compreso tra il 2010 e il 2015, è stato assunto che i forni venduti nel 2015 siano per il 50% in classe A+, per il 40% in classe A e per il 10% in classe B sulla base di un'analisi di mercato di forni domestici disponibili in commercio [17 - 18]. La percentuale di pezzi venduti in funzione della classe di efficienza energetica per gli anni intermedi è stata ottenuta per interpolazione lineare. Per ogni classe energetica si è quindi considerato il valore medio di EEI_{cavity} secondo la Tabella 66. Siccome l'età del forno è ricavabile dall'indagine ISTAT, il valore medio statistico di EEI_{cavity} del forno i -esimo è stato stimato sulla base della sua età e degli indici di efficienza energetica ponderati sui volumi di vendita nell'anno di acquisto del prodotto. Nel caso in cui l'età del forno non sia nota, è stato assunto convenzionalmente che risalga a più di 20 anni.

Tale approccio per la stima dell'indice di efficienza energetica è stato adottato per i forni alimentati a gas naturale e a gpl, mentre per i forni a biomassa si è utilizzato $EEI_{cavity} = 160$, assimilandoli a prodotti in classe D. Tale assunzione conservativa è giustificata dalla mancanza di dati prestazionali e di metodi di prova normalizzati che consentano di scorporare le prestazioni uso cottura degli apparecchi da altri servizi, quali riscaldamento aria ambiente. D'altra parte, i forni a biomassa sono numericamente poco significativi rispetto alle altre tipologie di forni, essendo presenti solo in 115 record, pari allo 0,6% dei record dell'indagine ISTAT per i quali è presente un forno.

Il consumo di energia calcolato con le precedenti formule è riferito a un ciclo di cottura normalizzato, riscaldando un carico che, nelle prove di laboratorio secondo la norma EN 60350-1:2013 [19], consiste in un mattoncino Hipor, con peso a secco di 920 g e imbevuto con 1050 g di acqua; il modello assume che tale carico corrisponda al fabbisogno di 2 persone e stabilisce inoltre una diretta proporzionalità tra il fabbisogno energetico per ciclo di cottura e il numero equivalente di occupanti l'abitazione in esame.

E' quindi possibile stimare il consumo di energia annuale per ciascuna delle fonti di energia sulla base della frequenza media settimanale con cui l'apparecchio è utilizzato, la quale è desunta dall'indagine ISTAT.

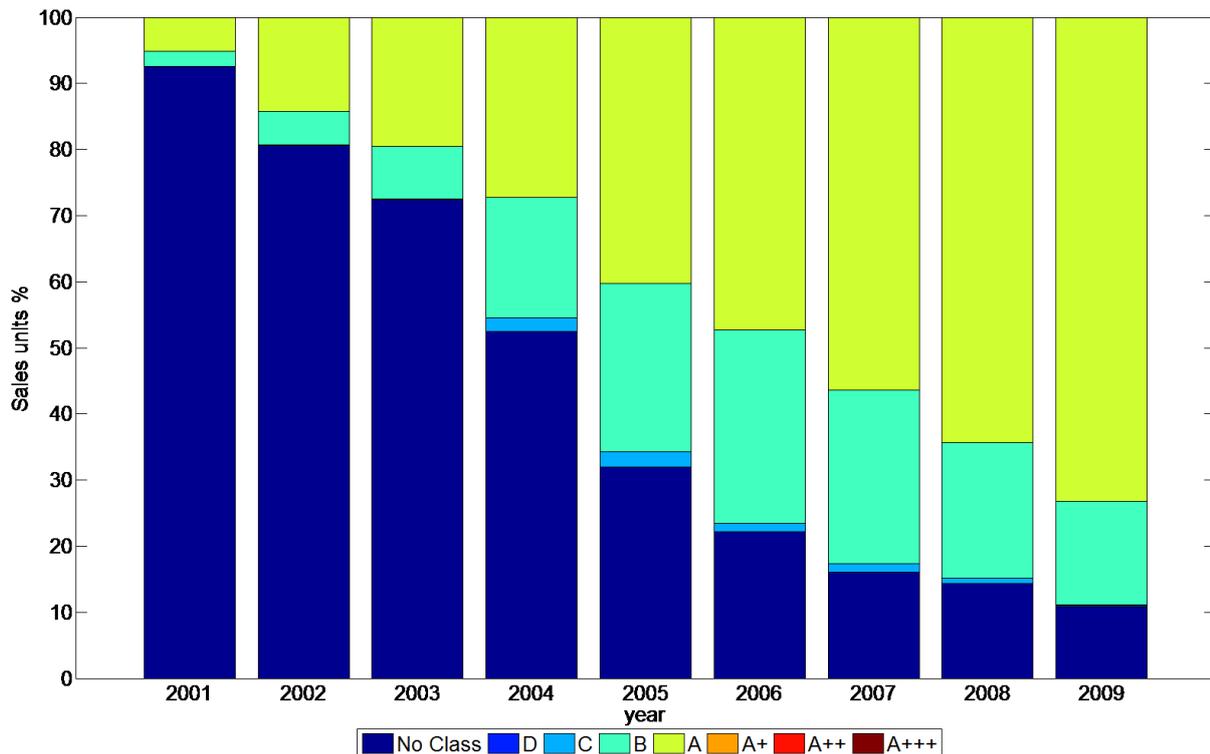


Figura 11. Classi di efficienza energetica in funzione dei volumi di vendita (percentuale del numero totale di pezzi venduti) dei forni venduti in Italia nel periodo 2001-2009 [16]

7.1.2 Piani cottura

Un approccio metodologico leggermente differente è stato seguito per il calcolo dei consumi energetici dei piani cottura, in quanto per essi non sono note serie storiche sulle classi di efficienza energetica (nel periodo antecedente il 2010 i piani cottura erano sprovvisti di etichetta energetica [16]).

Sulla base dell'Allegato I del Regolamento [15], che riporta le specifiche per la progettazione ecocompatibile di forni, fornelli e cappe da cucina per uso domestico, il consumo energetico per i piani cottura elettrici a induzione (anche sulla base dei dati riportati in [17]) è stato assunto pari a:

$EC_{electric,hob} = 240 \text{ Wh/kg}$. Tale valore è associato al carico normalizzato, pari a 1 kg di acqua riscaldata in base all'Allegato II di [15] e alle norme CEI relative ai metodi di misura delle prestazioni [20].

L'unica tipologia di fornelli elettrici considerati è del tipo ad induzione, che rappresenta la maggioranza dei piani cottura elettrici attualmente in commercio e anche la categoria più efficiente, con un'efficienza media $\epsilon_{electric,hob} = 70\%$, ricavata dall'analisi effettuata in letteratura [21 - 22]. Note le due grandezze sopra riportate, si è calcolato il fabbisogno energetico per la cottura del carico normalizzato $ED_{electric,hob}$:

$$ED_{electric,hob} = EC_{electric,hob} * \frac{\epsilon_{electric,hob}}{100} \quad \text{Eq. 2}$$

Dato che, in prima approssimazione, il fabbisogno dipende unicamente dal carico di cottura, lo si è utilizzato anche per il calcolo del consumo energetico per i fornelli alimentati a gas, gpl e biomassa:

$$ED_{electric,hob} = ED_{gas,hob} = ED_{lpg,hob} = EC_{biomass,hob} \quad \text{Eq. 3}$$

I valori indicativi di efficienza media per queste tipologie di fornelli sono stati ricavati da [21 - 22] :

$\epsilon_{\text{gas,hob}} = 40\%$ per i fornelli a gas e a gpl e $\epsilon_{\text{biomass,hob}} = 17\%$ per i fornelli alimentati a biomassa; relativamente a quest'ultima categoria i dati disponibili in letteratura sono alquanto scarsi e riferiti a prove non standardizzate.

Il consumo di energia *EC* per ciclo di cottura per i fornelli a gas è stato quindi calcolato sulla base della Eq. 2, in accordo con quanto riportato in Allegato II di [15] . Analogamente si è proceduto per i fornelli alimentati a gpl e biomassa.

Le condizioni di prova normalizzate, che includono il riscaldamento e il mantenimento della temperatura per un lasso di tempo definito, rappresentano un tipico processo di cottura domestica media [20]. Per tale motivo, si è ipotizzato che il fabbisogno medio del piano cottura per ogni persona corrisponda a 1,5 volte il fabbisogno energetico per la cottura del carico normalizzato, quindi sia equivalente a 1,5 kg di acqua. Inoltre, si è applicata una proporzionalità diretta tra il fabbisogno energetico e il numero di persone per ciascuna unità immobiliare.

7.2 Risultati

I principali risultati ottenuti con il codice di calcolo Matlab® sono riportati sotto forma di grafici e di tabelle e sono esportabili in file in formato *.txt. In Figura 12 è confrontato il numero di componenti per abitazione fornito dall'indagine ISTAT con il numero equivalente di componenti calcolato dal modello sulla base dell'effettiva occupazione. I nuclei familiari sono composti da un numero di componenti variabile tra 1 e 12. Nel 6,6% dei record si ricava che almeno uno dei componenti avrebbe soggiornato altrove per un periodo dell'anno più o meno lungo. Il numero medio di componenti sull'intero campione è pari a 2,63, che si riduce a 2,59 considerando l'effettiva occupazione nel corso dell'anno dell'indagine.

I forni e i piani cottura riportati nell'indagine ISTAT sono stati suddivisi per fonte di energia, Figura 13: per quanto riguarda i forni, il 14% è alimentato a gas, lo 80,8% è elettrico, il 4,6% è alimentato a gpl e il restante 0,6% è alimentato a biomassa (legna o pellet), mentre per i fornelli il 73% è alimentato a gas, il 4,4% è elettrico, il 22,2% è alimentato a gpl e infine lo 0,4% è alimentato a biomassa.

Figura 14 e Figura 15 rappresentano il consumo energetico annuale dei forni e dei fornelli, rispettivamente, calcolati per l'intero campione di famiglie e suddivisi in base alla fonte di energia, mentre la Figura 16 rappresenta la somma dei contributi di entrambi gli elettrodomestici, indicata con colori diversi a seconda della fonte di energia.

Mediamente, i piani cottura hanno un consumo annuale per famiglia intorno a 1062 kWh (con una deviazione standard di 598 kWh), mentre i forni hanno un consumo annuale di circa 222 kWh (con una deviazione standard di 294 kWh). Volendo fare una distinzione sulla base della fonte di energia, i risultati sono riportati in Tabella 67 .

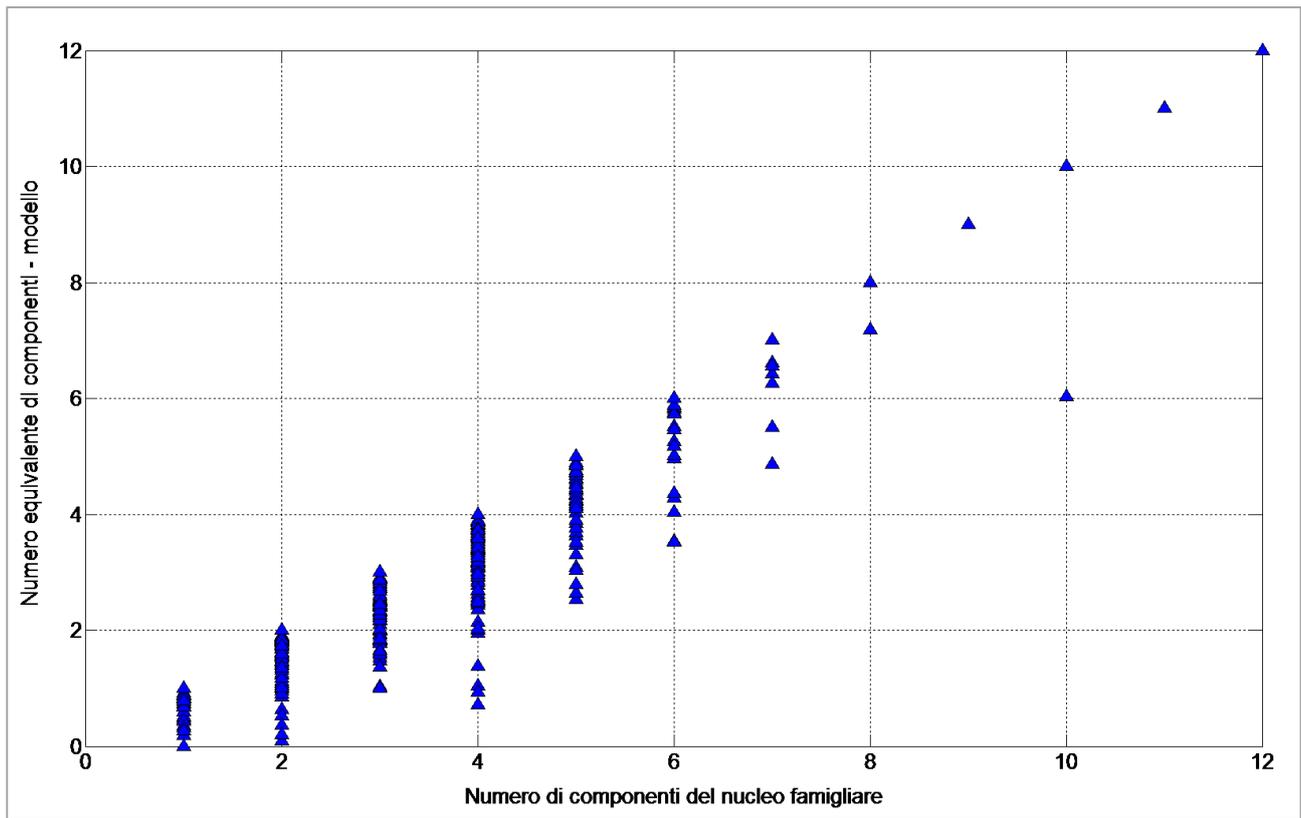


Figura 12. Correlazione tra il numero di componenti per abitazione fornito dall'indagine ISTAT (in ascissa) e il numero equivalente di componenti calcolato dal modello sulla base dell'effettiva occupazione (in ordinata)

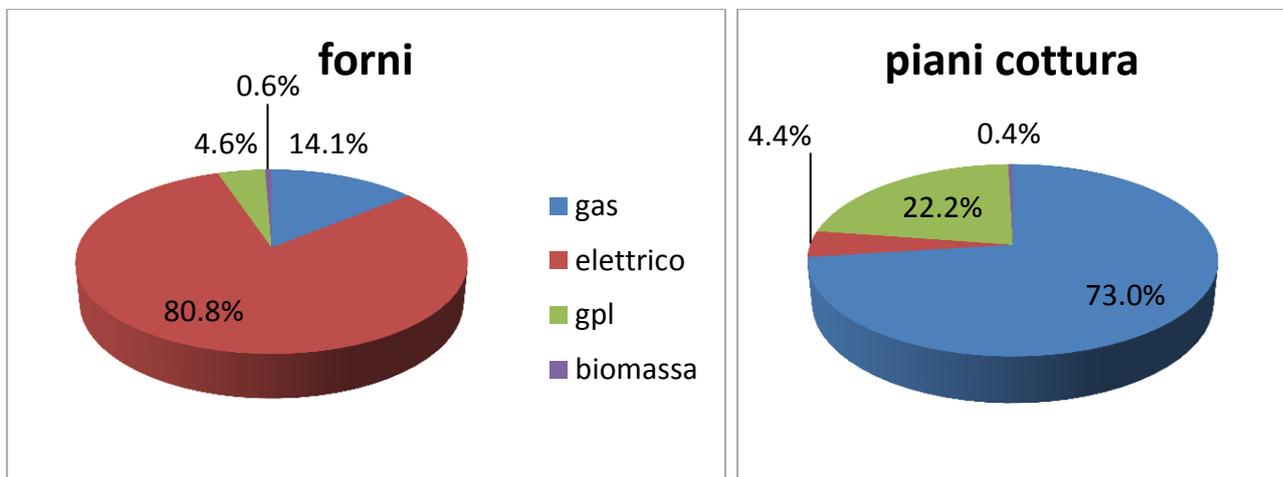


Figura 13. Ripartizione dei forni e dei piani cottura in base alla fonte energetica

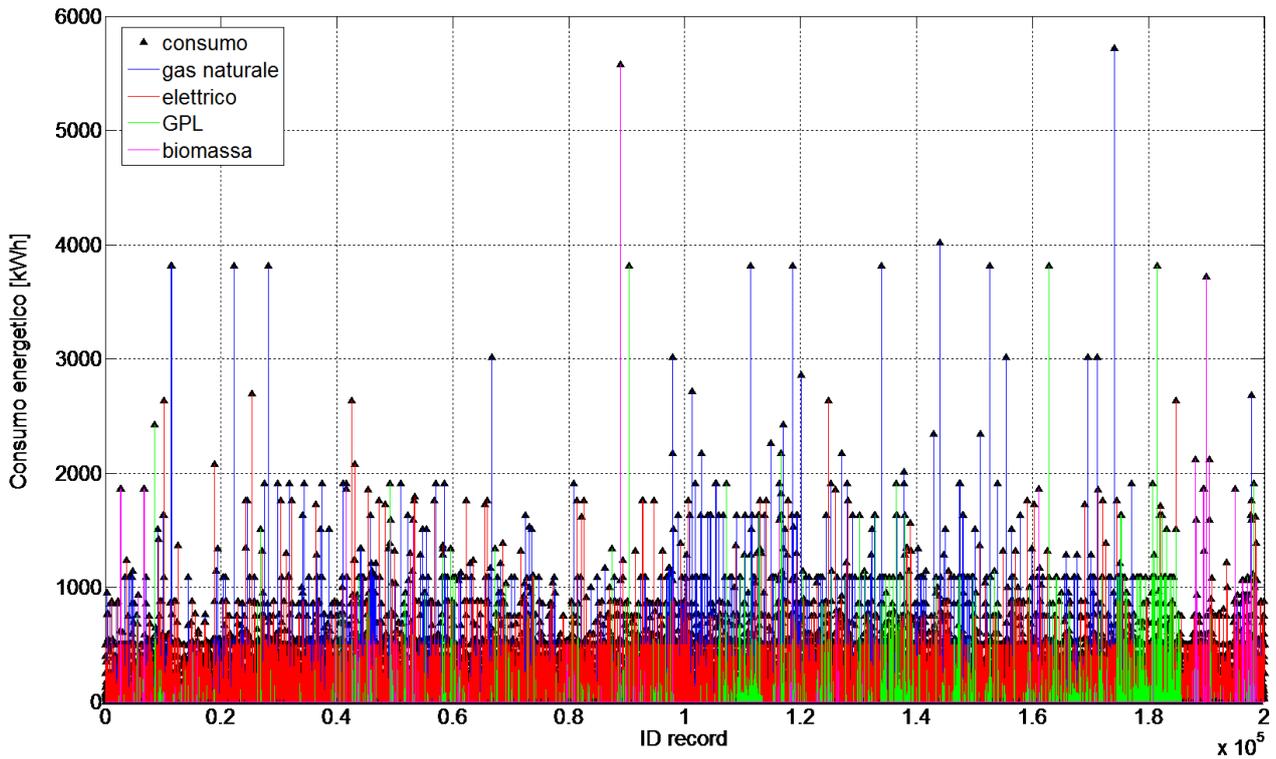


Figura 14. Consumo di energia annuale per l'utilizzo dei forni, suddiviso in base alla fonte energetica, calcolato dal modello

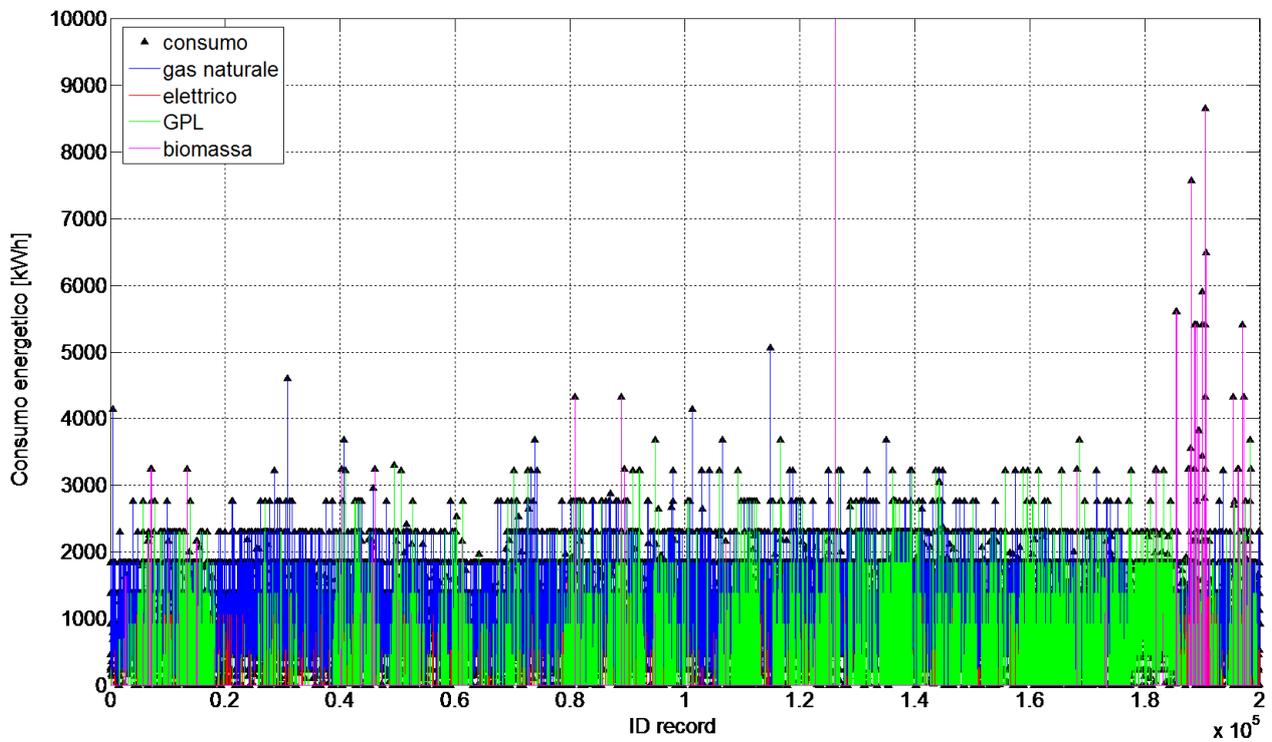


Figura 15. Consumo di energia annuale per l'utilizzo dei piani cottura, suddiviso in base alla fonte energetica, calcolato dal modello

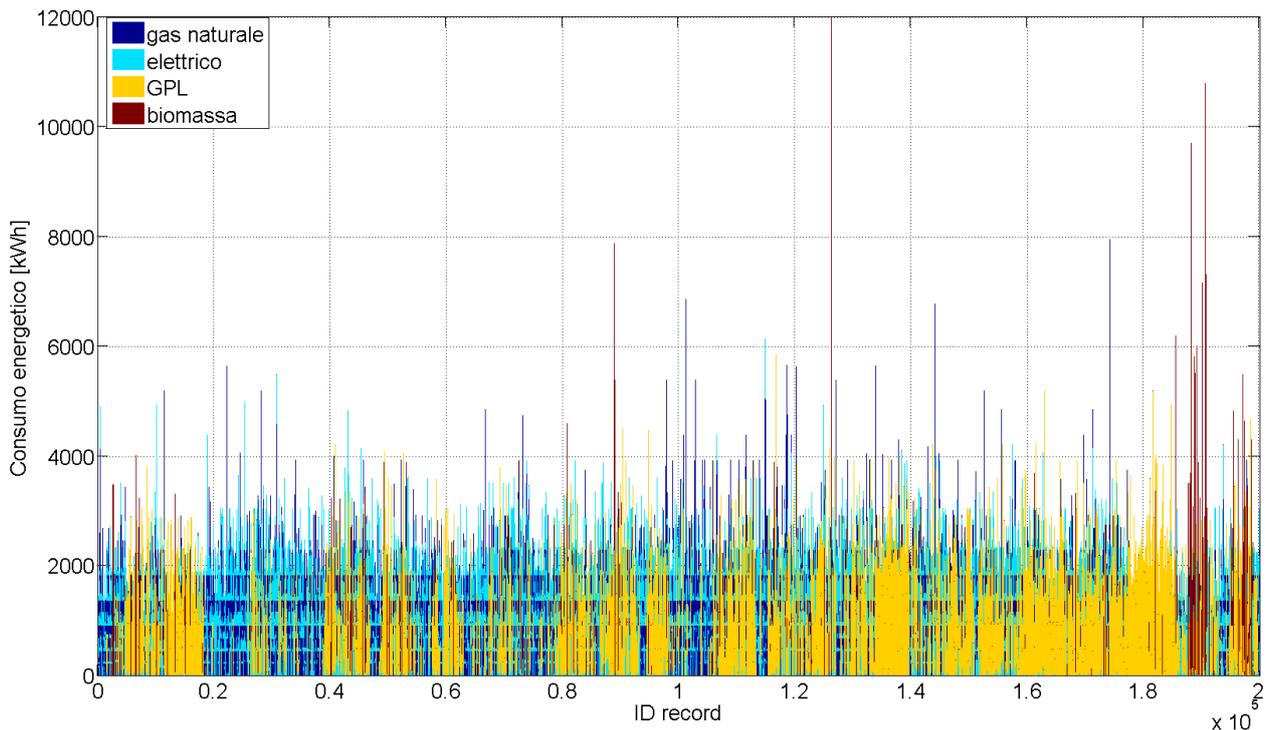


Figura 16. Consumo annuale per usi cottura, suddiviso in base alla fonte energetica, calcolato dal modello

Tabella 67. Analisi statistica dei consumi medi annuali calcolati dal modello per forni e piani cottura suddivisi per fonte energetica

consumi kWh	forni				piani cottura			
	gas	elettrico	gpl	biomasse	gas	elettrico	gpl	biomasse
min	48,04	21,77	48,04	78,95	1,55	3,33	6,15	45,95
max	5720	2692	3813	5577	5059	1577	3679	12985
media	363,7	186,2	349,2	678,4	1060	568,3	1134	2791
mediana	135,8	87,93	161,9	397,3	919,8	525,6	919,8	2164
dev.st.	471,8	213,3	430,3	794,5	556,5	358,1	614,0	2083

In sintesi, il consumo medio annuale e giornaliero per usi cottura calcolato dal modello è pari a:

- Consumo medio annuale (giornaliero) per usi cottura per abitazione : 1263 kWh (3,46 kWh);
- Consumo medio annuale (giornaliero) per usi cottura per persona : 479 kWh (1,31 kWh).

Tali valori possono essere confrontati con i benchmark sui consumi energetici per usi cottura ricavati dall'analisi dello stato dell'arte e della letteratura di settore, su base giornaliera:

- Usi domestici: 4 kWh/giorno (per abitazioni fino a 50 m²), 5 kWh/giorno (per abitazioni oltre 50 m² e fino a 120 m²), 6 kWh/giorno (per abitazioni oltre 120 m²) [3];
- Catering: 5 kWh/pasto [23] ;

e sulla base dei consumi annuali:

- Usi cottura domestica per famiglia tipo: 350 kWh/(anno-pers) [24];
- Usi cottura domestica per famiglia tipo: 354 kWh/(anno-pers) [25];

- Cucina elettrica¹: 1100 kWh/anno - Fonte: Associazione Consumatori [13];
- Forno elettrico²: 65 kWh/anno - Fonte: Associazione Consumatori [13] ;
- Forno elettrico³: 100 kWh/anno – Fonte: ENEA [13] .

7.3 Validazione

Per validare il modello si sono utilizzati i dati relativi alle spese annuali per il gas naturale e il gpl ottenuti dall'indagine ISTAT, escludendo i consumi legati all'energia elettrica e alla biomassa, in quanto per questi ultimi non è stato finora possibile incorporare in modo affidabile il contributo legato esclusivamente ad usi cottura dai costi complessivi. Infatti, l'energia elettrica è usata per l'illuminazione, oltre che per svariati tipi di elettrodomestici e, in alcuni casi, per alimentare le pompe di calore per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS; mentre gli apparecchi a biomassa sono generalmente usati anche per il riscaldamento diretto degli ambienti.

Al fine di confrontare grandezze equivalenti, ossia consumi energetici, si è individuato il prezzo medio per il gas e il gpl nei 15 mesi compresi tra il secondo trimestre del 2012 e il secondo trimestre del 2013, a cui si riferiscono i costi dell'indagine ISTAT.

Il costo delle componenti del gas naturale è stato ottenuto sulla base delle condizioni economiche applicate ai clienti del Servizio di tutela [26] mentre, per quanto riguarda le imposte, si sono utilizzate l'accisa normale e le aliquote IVA per fascia di consumo, oltre alle addizionali regionali applicate sui consumi nelle Regioni a Statuto ordinario (ad eccezione della Lombardia dal 2002), ricavate da AEEG [27]. I valori utilizzati nel modello, riportati in Tabella 68, rappresentano la media delle singole componenti pesate sulla popolazione residente su base regionale al 2012 [28]. Nel dettaglio, i servizi di vendita includono la materia prima gas (CCI), la commercializzazione al dettaglio (QVD) e gli oneri aggiuntivi (QOA), mentre i servizi di rete accorpano le quote legate alla distribuzione, alla misura e alla commercializzazione (τ_1 , τ_3 , UG1, UG2, GS, RE, RS), il trasporto (QT) e lo stoccaggio (QS).

Tabella 68. Valori medi delle componenti del gas naturale applicate nel periodo 2012 – 2013 ai clienti del Servizio di tutela

2012 sem. II - 2013 sem. II	CLIENTI DOMESTICI					
	Servizi di vendita	Servizi di rete	TOTALE	Accisa	Add. Regionale	IVA %
Quota energia (Euro/Sm ³)						
Sm ³ /anno: da 0 a 120	0,409822	0,058082	0,467904	0,044	0,012449131	10%
da 121 a 480		0,201179	0,611001	0,175	0,018505059	10%
da 481 a 1.560		0,176341	0,586163	0,170	0,018791429	21%
da 1.561 a 5.000		0,171941	0,581763	0,186	0,019361506	21%
da 5.001 a 80.000		0,142264	0,552086	0,186	0,019361506	21%
da 80.001 a 200.000		0,098847	0,508669	0,186	0,019361506	21%
da 200.001 a 1 mln		0,077042	0,486863	0,186	0,019361506	21%
oltre 1 mln		0,063364	0,473185	0,186	0,019361506	21%
Quota fissa (Euro/anno)	40,34	34,66	75,00			

¹ Potenza 3 kW, utilizzo medio 2 fuochi 45 minuti/giorno

² Potenza 2 kW, utilizzo medio 1 ora per 20 minuti/settimana

³ Potenza 1 kW, utilizzo medio 4 volte/settimana

Com'è intuibile, il variegato scenario delle tariffe energetiche per il gas naturale che si è sviluppato negli ultimi anni a seguito della liberalizzazione del settore non può essere descritto in modo completamente esaustivo dalle condizioni economiche del Servizio di tutela, le quali sono state utilizzate per la validazione in assenza di informazioni sulle tipologie contrattuali applicate da fornitori *retail*. Tuttavia, il Servizio di tutela è ancora ampiamente diffuso, come dimostrano i dati sui punti di riconsegna per i clienti domestici, che ammontavano al 83% nel 2012 e al 78% nel 2013; questi dati sono tratti dal rapporto redatto da AEEG per il periodo in esame 2012 - 2013 [31].

Per quanto riguarda il gpl, i dati sui prezzi medi praticati dai fornitori sono pubblicati ogni quindici giorni sui siti web delle Camere di commercio. Ai fini della validazione si sono considerati i prezzi rilevati dalle Camere di commercio di Belluno e di Treviso nel periodo considerato, poiché nella prima fase il modello è stato verificato specificamente per la Regione Veneto. Per l'individuazione dei prezzi medi si è ipotizzato che il gpl per usi cottura sia approvvigionato sotto forma di bombole da 10 o 15 kg. I valori medi tratti dalle sopra citate Camere di commercio [29 - 30] sono riportati in Tabella 69. Si sono inoltre utilizzati come valori di riferimento per le conversioni energetiche del gpl un potere calorifico inferiore pari a 6,512 kWh/lit. e una densità pari a 0,5 kg/lit.

Tabella 69. Prezzi medi per il gpl in bombola. Fonte: [29 - 30]

	Bombola da 10 kg		Bombola da 15 kg		Accisa	IVA
	franco magazzino rivenditore	franco domicilio consumatore montaggio incluso	franco magazzino rivenditore	franco domicilio consumatore montaggio incluso		
valori medi - Camere commercio	Euro IVA esclusa				Euro / 1000 kg	
	25,27	27,69	37,34	39,53	189,94	10%
usati nel modello	Euro / kg IVA esclusa				Euro/kg	
	2,6052				0,1899	10%

Il confronto tra i consumi energetici "reali", calcolati sulla base delle bollette, e i consumi ricavati dal modello implementato è stato fatto solo sui record estrapolati dall'indagine ISTAT per i quali il gas naturale e il gpl sono usati esclusivamente per la cottura. La scelta di limitare il campione è dettata dall'esigenza di evitare nella validazione approssimazioni legate allo scorporo dei consumi legati al riscaldamento degli ambienti e alla produzione dell'ACS, in quanto entrambi questi servizi incidono significativamente sui consumi totali (>95% a seconda della zona climatica) e l'incertezza con cui sono calcolati è dello stesso ordine di grandezza dei consumi per usi cottura.

I risultati della validazione sono riassunti in Figura 17 e in Figura 18. La prima rappresenta i boxplot con la differenza percentuale dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto ai risultati ottenuti dal modello, mentre la seconda rappresenta la relativa distribuzione cumulata statistica. I box di Figura 17 indicano il primo quartile, la mediana e il terzo quartile, rispettivamente, mentre i whiskers delimitano i dati compresi entro 1,5 volte l'intervallo interquartile. I punti esterni ai whiskers sono outliers.

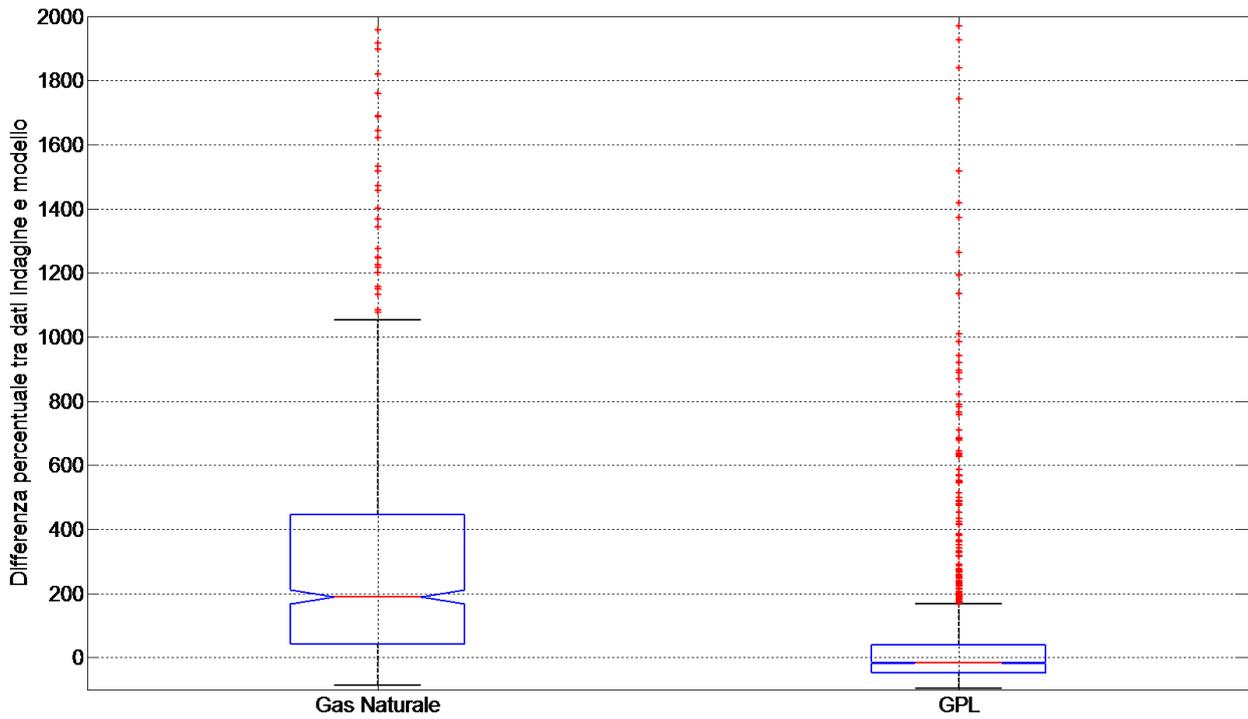


Figura 17. Boxplot raffigurante la differenza percentuale dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto ai risultati del modello, per il gas naturale e il gpl

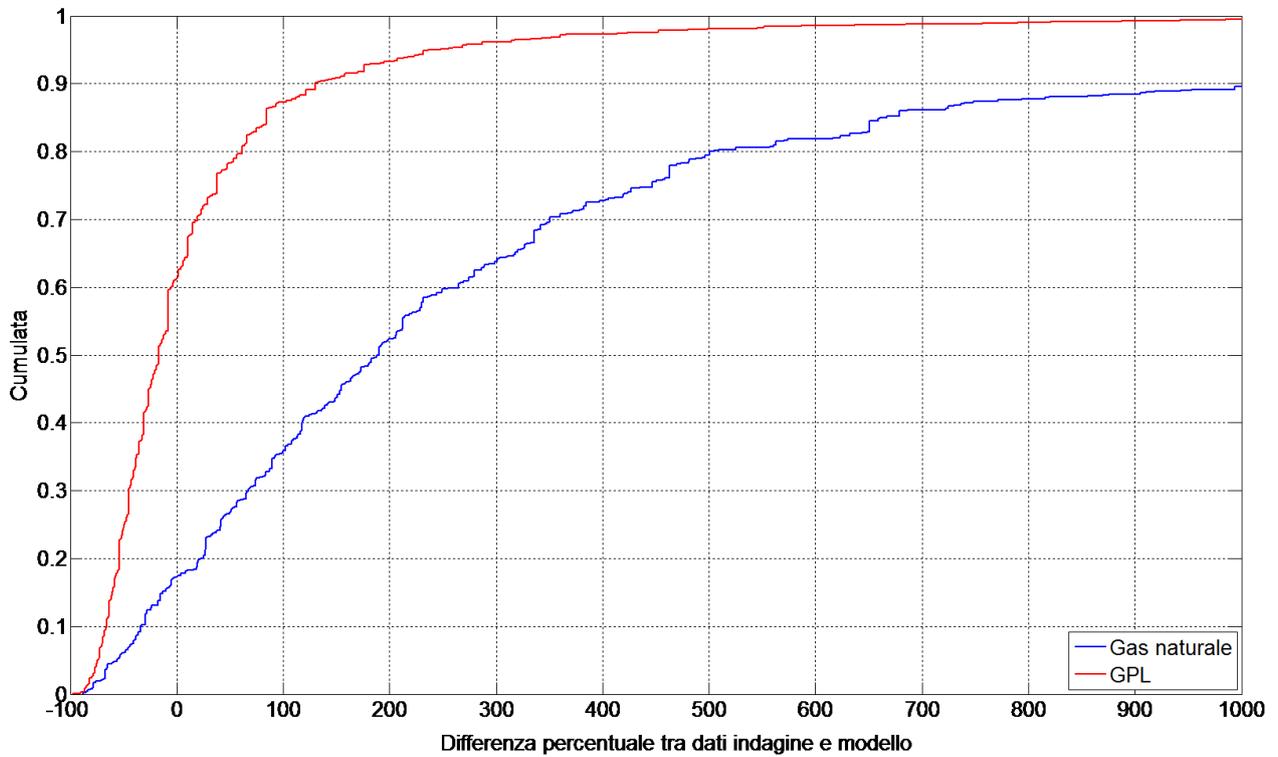


Figura 18. Distribuzione cumulata statistica della differenza percentuale dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto ai risultati del modello, per il gas naturale e il gpl

La mediana, che misura lo scostamento tra i consumi calcolati dal modello e quelli da bolletta estrapolati dall'indagine ISTAT, è intorno a -17,1% per il gpl e a +189,3% per il gas naturale, cioè il modello sovrastima i consumi del gpl e sottostima i consumi del metano. L'elevata dispersione dei dati suggerisce di approfondire la validazione, introducendo dei filtri sui dati estrapolati dall'indagine ISTAT. Infatti, soprattutto nel caso del gas naturale, molti record presentano consumi ricavati dai costi da bolletta insolitamente elevati per usi cucina. Per questo motivo si è deciso di considerare solo qui record con gpl e gas naturale usati esclusivamente per usi cucina e con consumi energetici giornalieri pro-capite non superiori a 4 kWh, prendendo come riferimento il consumo associato ad abitazioni con superficie fino a 50 m² tratto dalla norma UNI 11300-2 [3] (nel caso della normativa, il valore indicato è riferito all'intera unità abitativa e non alla singola persona, pertanto la scelta operata è conservativa). Introducendo questo limite, i record si riducono da 794 a 458 (-42%) per il gas naturale e da 2671 a 2596 (-2,8%) per il gpl, a dimostrazione che la situazione più critica si presenta con il gas naturale, e che la validazione per il gpl è più affidabile. Il confronto restituisce i risultati presentati in Tabella 70 e in Figura 19 e Figura 20. La mediana è pari a -17,5% per il gpl mentre si riduce a +65,2% per il gas naturale, molto inferiore rispetto a +189,3% ottenuto considerando i record senza il filtro a 4 kWh.

Volendo considerare un limite superiore ridotto a 3 kWh pro-capite giornaliero, il confronto tra i dati dell'indagine e i risultati del modello migliora ulteriormente per il gas naturale, come mostrato in Figura 21 e Figura 22, con una mediana +27,2%. Per il gpl la situazione è in leggera controtendenza, con una mediana di -21,6%, in quanto il modello sovrastima i consumi di questa fonte. In questo caso, i campioni considerati si riducono a 354 per il gas naturale e a 2522 per il gpl.

Nella successiva fase dell'attività, è previsto un approfondimento della validazione, eventualmente includendo l'energia elettrica e la biomassa. Inoltre, si intende effettuare un'ottimizzazione del modello, al fine di individuare i valori di alcuni parametri che minimizzano la differenza tra i risultati del codice di calcolo e i dati di consumo desunti dall'indagine ISTAT.

Tabella 70. Confronto in termini statistici dei risultati del modello con l'indagine ISTAT, per un numero di record selezionato in base a diversi limiti di consumo giornaliero pro-capite

Limite di consumo giornaliero pro-capite	Gas naturale			GPL		
	Nessuno	4 kWh	3 kWh	Nessuno	4 kWh	3 kWh
N° record inclusi nel confronto con il modello	794	458	354	2671	2596	2522
min	-87,7%	-87,7%	-87,7%	-97,1%	-97,1%	-97,1%
max	+199560%	+3296%	+360,1%	+6784%	+6784%	+4889%
media	+697,7%	+88,3%	+40,5%	+29,7%	+17,8%	+8,57%
mediana	+189,3%	+65,2%	+27,2%	-17,1%	-17,5%	-21,6%
dev.st.	+7283%	+208,3%	+87,9%	235,9%	+222,1%	+171,3%

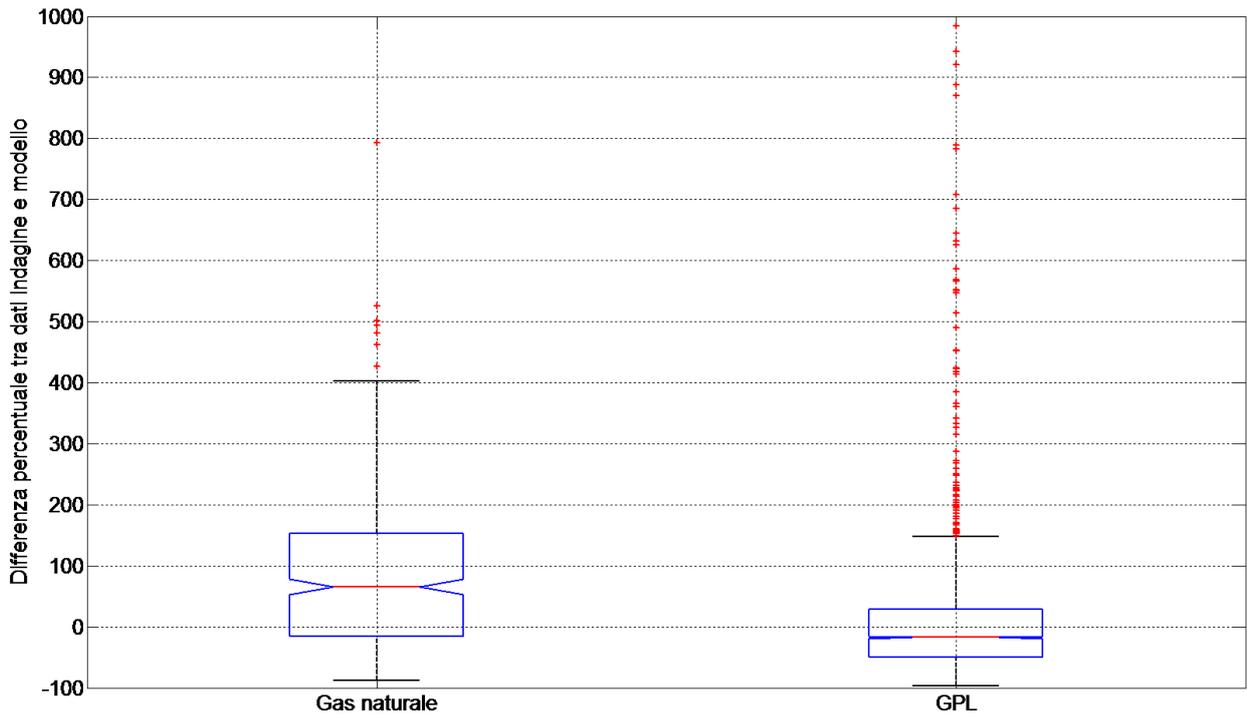


Figura 19. Differenza dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto al modello, limitato ai record dell'indagine con un consumo medio giornaliero pro-capite per usi cucina inferiore a 4 kWh

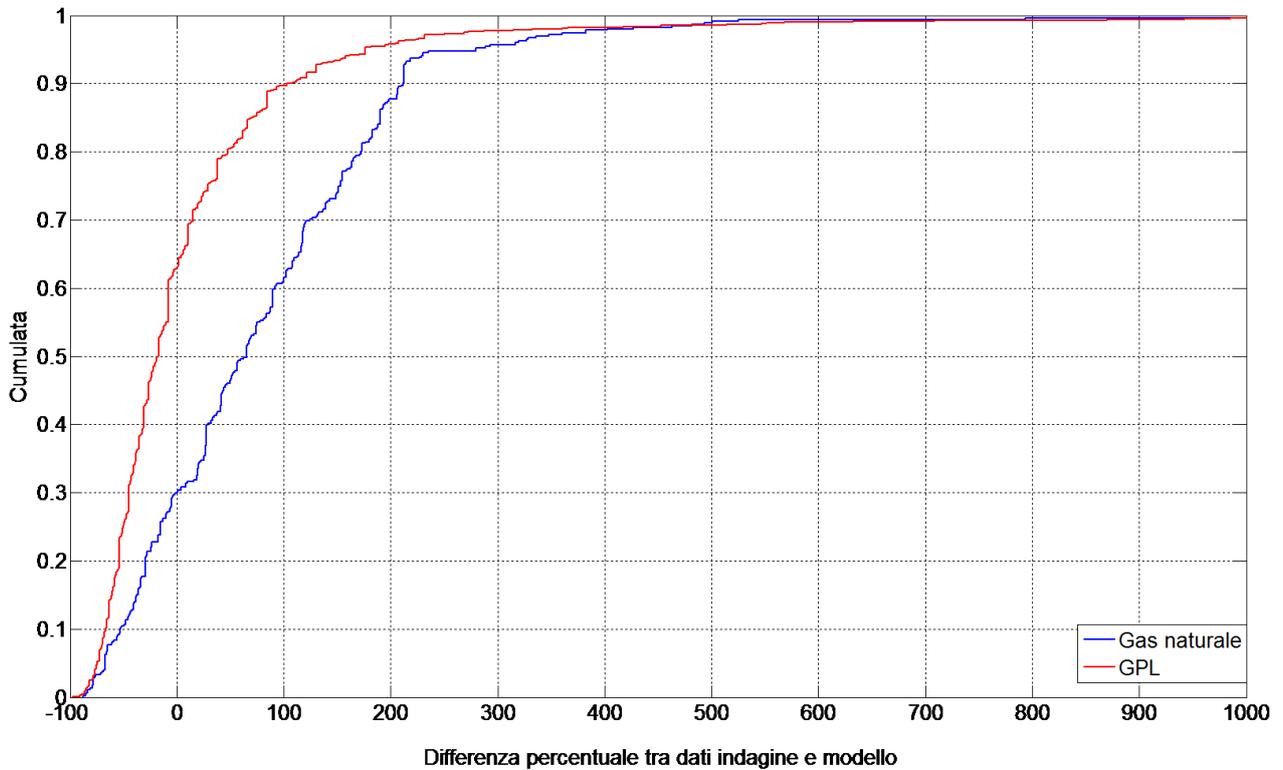


Figura 20. Distribuzione cumulata della differenza percentuale dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto al modello, limitato ai record dell'indagine con un consumo medio giornaliero pro-capite per usi cucina inferiore a 4 kWh

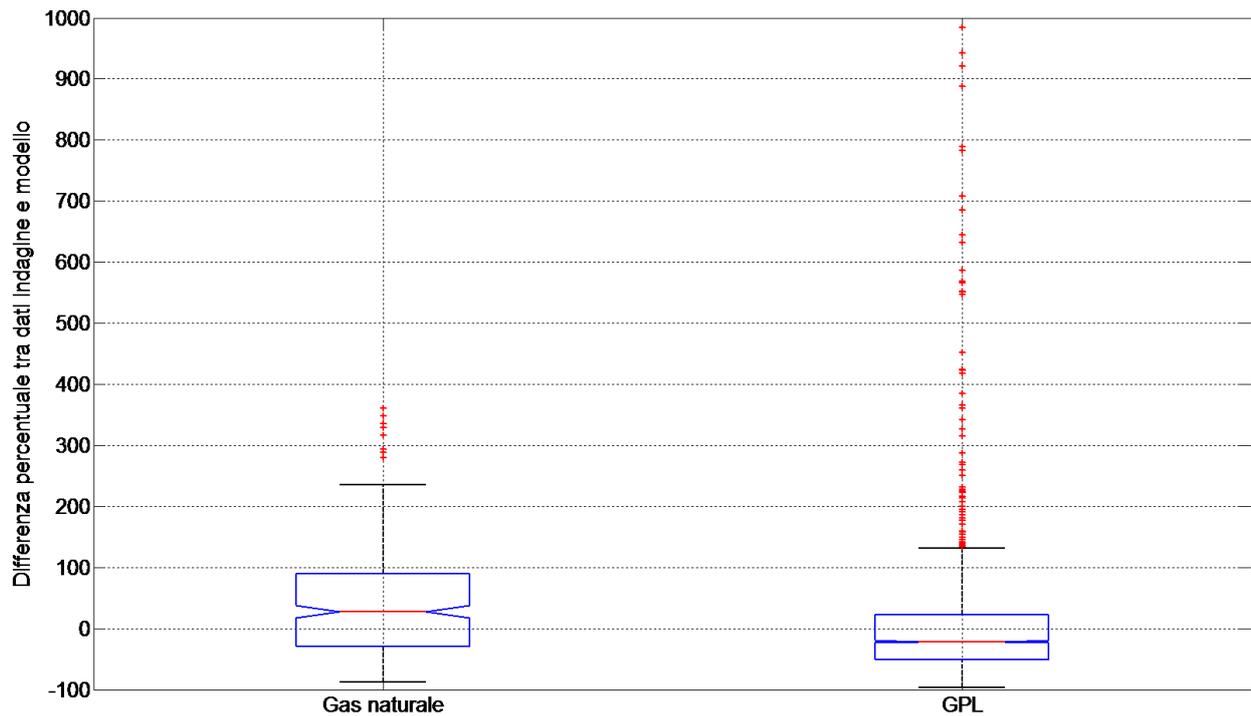


Figura 21. Differenza dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto al modello, limitato ai record dell'indagine con un consumo medio giornaliero pro-capite per usi cucina inferiore a 3 kWh

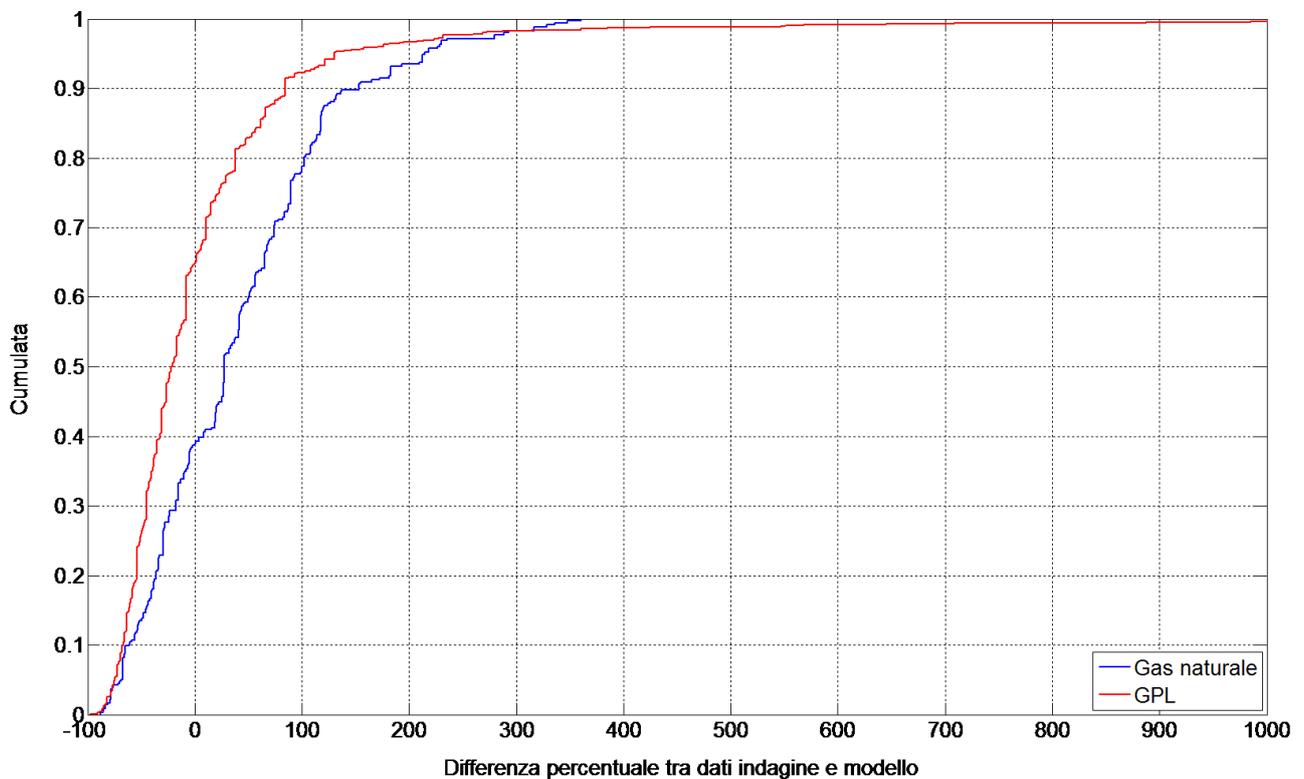


Figura 22. Distribuzione cumulata della differenza percentuale dei dati ricavati dall'indagine ISTAT rispetto al modello, limitato ai record dell'indagine con un consumo medio giornaliero pro-capite per usi cucina inferiore a 3 kWh

8 Risultati complessivi

In questo capitolo sono riassunti i risultati complessivi ottenuti e le prime verifiche dello scostamento fra i valori complessivi ottenuti con la metodologia presentata e quelli ricavati dall'indagine.

Nella Tabella 71 sono riportati i consumi totali e la ripartizione percentuale per le diverse finalità d'uso della fonte primaria metano.

Tabella 71 - consumi energia primaria metano per finalità d'uso

Consumi energia primaria classi abitazioni tipo, Metano [GWh/a]				
Riscaldamento				
	ante '50	'50-'69	'70-'89	post '90
unif.	28.005	20.602	19.840	11.108
plurif.	10.360	10.138	12.388	9.238
app. terra	13.093	18.316	15.530	8.092
app. interm.	3.458	7.264	5.042	2.495
app. ultimo	1.042	3.987	3.234	0.959
Totale	204.192			
percentuale	85,7%			
Acqua calda sanitaria				
unif.	1.561	1.795	2.458	1.323
plurif.	0.605	0.851	1.582	1.136
app. terra	0.912	1.964	2.647	1.237
app. interm.	0.391	1.448	1.883	0.859
app. ultimo	0.081	0.479	0.603	0.159
Totale	23.974			
percentuale	10,1%			
Usi cucina				
unif.	0.589	0.724	1.048	0.565
plurif.	0.235	0.358	0.628	0.453
app. terra	0.362	0.825	1.155	0.554
app. interm.	0.184	0.648	0.784	0.376
app. ultimo	0.036	0.224	0.263	0.067
Totale	10.078			
percentuale	4,2%			

Anche se, come già scritto, la validazione dettagliata del modello è un'attività che sta svolgendo ISTAT, è stato effettuato un primo confronto sui consumi reali per avere le prime informazioni sulla bontà del modello sviluppato.

La difficoltà maggiore di tale operazione nasce dal fatto che l'indagine non fornisce nessuna informazione sui consumi energetici, ma solamente sui costi complessivi sostenuti dalle famiglie intervistate sulle singole fonti primarie utilizzate.

La Tabella 72 riporta l'incidenza di ciascuna fonte primaria che è stata oggetto di risposte, sia in termini di numero di impianti, sia in termini di superficie dell'abitazione servita da un impianto con la fonte primaria considerata. Quest'ultima rappresenta il dato che è stato considerato in quanto tutta la metodologia prevede il calcolo dei consumi per unità di superficie. Dalla tabella si evince come il metano sia di gran lunga la fonte più utilizzata per cui si è deciso di procedere per i confronti modello-indagine con tale vettore energetico.

Tabella 72 - Incidenza % fonti primarie

fonte primaria	metano	gasolio	gpl	energia elettrica	olio combustibile	biomassa	carbone
tot superfici [m ²]	1.247.555	11.0735	94.810	9.480	1.855	113.990	75
incidenza % superfici	63,1%	5,6%	4,8%	0,5%	0,1%	5,8%	0,004%
numero impianti [-]	12.773	1.108	866	100	20	1.045	1
incidenza % n° impianti	63,9%	5,5%	4,3%	0,5%	0,1%	5,2%	0,01%

Il passaggio dal dato economico a quello energetico, per la situazione italiana è complesso e induce in questo tipo di attività un errore considerevole dovuto alla presenza di due tipologie di fornitura del servizio gas: maggior tutela e mercato libero. Il primo è il regime tariffario stabilito dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico (AEEGSI), mentre nel mercato libero sono le singole compagnie di vendita che stabiliscono la tipologia di tariffe. Poiché l'indagine non fornisce informazioni al riguardo, si è deciso di ipotizzare che tutti gli utenti siano in regime di maggior tutela in modo da avere informazioni precise sulla composizione della tariffa.

Il prezzo del gas è composto dalla somma della quota variabile, funzione delle fasce di consumo, e della quota fissa, come riportato nella Tabella 73.

Tabella 73 - Tariffe metano servizio maggior tutela

Quota variabile con iva [€/m ³]	Limiti fascia consumo [m ³]	Quota fissa [€]	Totale con iva [€/m ³]
0,498	120	73,392	133,0996
0,767	480	73,392	409,256
0,809	1560	80,064	1319,814
0,829	5000	80,064	4170,807
0,806	80000	80,064	64584,776
0,771	200000	80,064	157161,247

La determinazione del consumo da indagine è stata effettuata applicando al costo dichiarato dal singolo utente la formula inversa del prezzo del gas e ricavando per ognuno il consumo in m³. Si precisa che i dati di spesa fornitici contengono non il valore assoluto della spesa di metano, ma delle fasce di prezzo.

Analogamente è stata determinata la spesa di metano associata al consumo specifico di ogni edificio tipo e da questa ricavata la spesa totale. In questo modo è stato possibile effettuare il confronto in termini energetici ed economici riportato nella Tabella 74 e ricavare un "errore medio".

Tabella 74 - Confronto consumi modello - indagine

Confronto consumi indagine – simulazione Metano	
consumi totali da indagine (m ³)	181,570,445
consumi totali da modello (m ³)	238,243,182
errore sui consumi	31%
costo totale da indagine	15,085,400
costo totale da modello	19,308,013
errore sui costi	28%

Se si considerano le tre incertezze principali dovute a:

- passaggio dal dato di costo a quello di consumo, con la parte variabile funzione del consumo annuale

- ipotesi di non considerare il mercato libero e assumere tutti gli utenti appartenenti al servizio maggior tutela
- informazione (dall'indagine) di costo in fasce e non in valore assoluto

si può ragionevolmente considerare buono l'errore medio ottenuto e, conseguentemente, valida la metodologia presentata.

In ogni caso alla fine del processo di validazione che sarà effettuato in modo più dettagliato e con tecniche di analisi statistiche avanzate si ritiene ragionevolmente che tale errore medio possa essere ulteriormente migliorato.

9 Realizzazione di un portale informatico per l'inserimento dei consumi annuali delle pubbliche amministrazioni centrali.

In questo obiettivo si è voluto realizzare un portale informativo in grado di raccogliere ed aggregare informazioni inerenti i consumi energetici, in particolare un test sarà effettuato sui consumi delle amministrazioni pubbliche centrali, al fine di poter elaborare analisi su tali consumi ed effettuare delle visualizzazioni specifiche dei vari dati.

La piattaforma di elaborazione e pubblicazione dati scelta per interagire tramite un sito web è TABLEAU (<http://www.tableau.com/>) integrato con l'ambiente di programmazione R (<https://www.r-project.org/>).

L'obiettivo finale sarà la realizzazione di un portale web multi-tier, che da un lato sia in grado di raccogliere i dati provenienti utenti generici e dall'altro consenta la loro visualizzazione ed esportazione, in forma analitica ed in forma aggregata per i fruitori generici, oltre a fornire la possibilità di elaborare i dati presenti tramite algoritmi implementabili successivamente.

Questo sistema informativo deve essere in grado di garantire alta interoperabilità con i sistemi informativi presenti ed in via di realizzazione nell'agenzia.

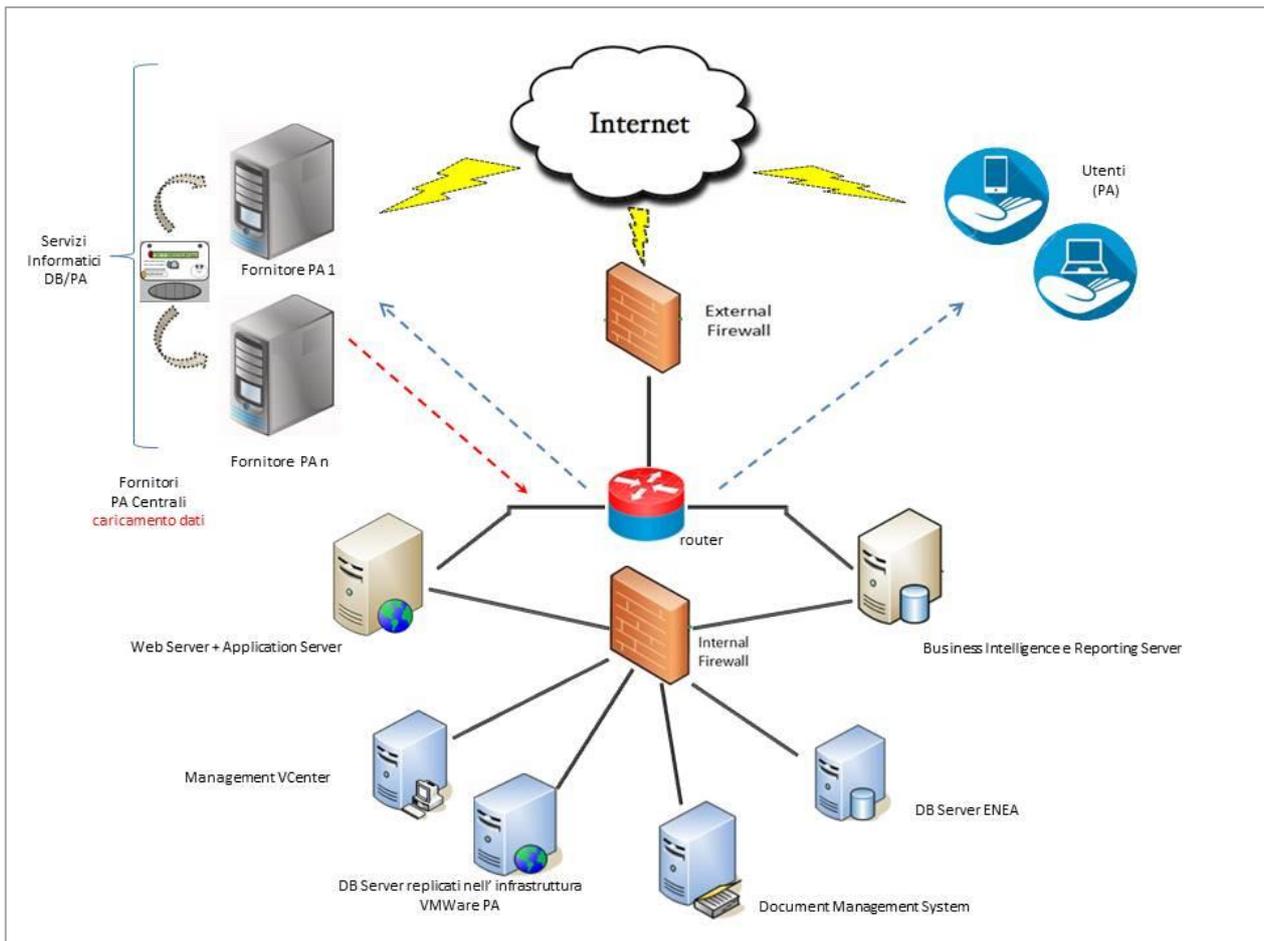


Figura 23 - Architettura del Database ed interfacce verso l'esterno

Tale portale si compone, quindi, di uno o più application server di frontend accessibili sulla rete Internet, collegati ai sistemi di backend in rete privata su infrastrutture virtualizzate ad alta affidabilità gestite dall'ENEA. Questi ultimi sono composti da un database management system relazionale per la raccolta dei dati ed un sistema di datawarehouse per le analisi statistiche ed analitiche effettuate con la piattaforma TABLEAU e con R. Una volta raccolti i dati dai fornitori, il sistema dovrà consentire l'elaborazione di report statistici e prevedere la possibilità di un futuro utilizzo di strumenti di Business Intelligence.

Il generico fruitore dei servizi (PA) potrà accedere, oltre che alla visualizzazione dei dati aggregati in formato Open Data, anche ad una sezione informativa nel portale, che comprende la descrizione del servizio fornito, del suo funzionamento, della modalità di utilizzo, laddove tali informazioni siano inserite dal fornitore.

Il sistema, inoltre, fornirà informazioni continue riguardo l'andamento dei caricamenti, mostrando statistiche sui dati inseriti, come il numero di inserimenti effettuati, degli impianti energetici censiti, ecc. ordinandoli in gerarchie temporali e geografiche (città, provincia, regione).

Di seguito si illustrano le caratteristiche del sistema informatico, descritte in via sintetica nelle sue componenti e nelle sue fasi attuative e di seguito spiegate nel dettaglio:

PORTALE DBPA:

- a) Application Programming Interface (API) per il caricamento dei dati tramite browser.
- b) Interfaccia web form per l'inserimento dati.

- c) Il sistema rispetta le proprietà ACID (atomicità, consistenza, isolamento, durabilità) delle transazioni sia nei caricamenti singoli che in quelli multipli.
- d) Caricamento dati anagrafici
- e) Il sistema prevede la visualizzazione in real-time dei dati pervenuti database management system.
- f) E' predisposto uno strumento per costruire nuovi report e sunti grafici bastato sulla piattaforma TABLEAU e nell'ambiente R.
- g) E' prevista la scalabilità del sistema per reagire a picchi di lavoro.
- h) E' previsto un futuro utilizzo di un ambiente di Business Intelligence.
- i) E' prevista ampia interoperabilità con i sistemi informativi esistenti in ENEA.

9.1 Implementazione banca dati ENEA e Front End

La banca dati ENEA, da qui DBPA, è un portale informativo in grado di raccogliere le informazioni inerenti i consumi energetici di utenze di vario genere. La piattaforma sperimentale è raggiungibile all'indirizzo:

<http://cepac.casaccia.enea.it>

Il portale è costituito da diverse pagine web, tramite le quali è possibile effettuare operazioni come la registrazione, l'autenticazione e l'inserimento dei dati che andremo a descrivere nei prossimi paragrafi.

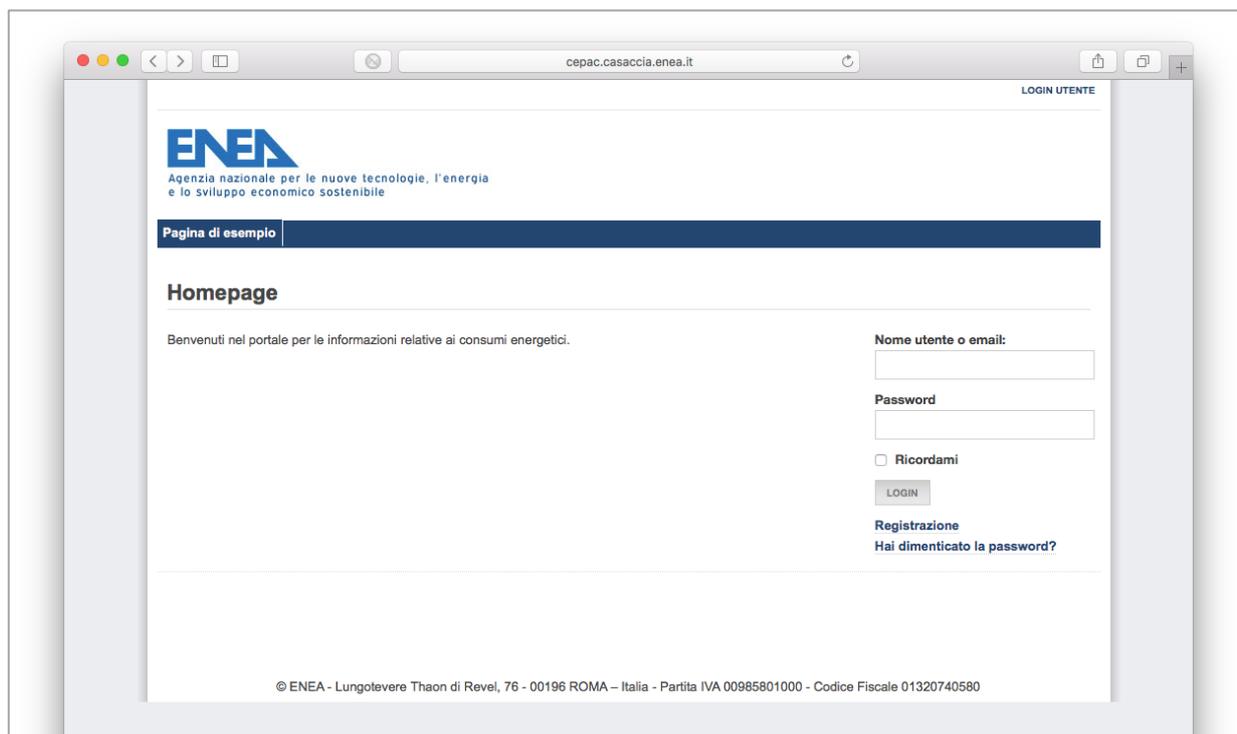


Figura 24 – Homepage

La raccolta dei dati è finalizzata all'analisi delle fonti di energia delle pubbliche amministrazioni, a partire dai dati dichiarati dai fornitori fino ai consumi effettivi tenendo conto del tipo di fornitura (elettrico e termico), tipo di contatore, del tipo di pubblica amministrazione, sito di fornitura e anno dell'immissione.

[Pagina di login](#)

Nella pagina di login è possibile accedere al portale immettendo le proprie credenziali, richiedere la propria password di accesso in caso di smarrimento, o registrare un nuovo fornitore cliccando su “Registrazione”.



Nome utente o email:

Password

Ricordami

Registrazione
[Hai dimenticato la password?](#)

Figura 25 - Pagina di login al sito

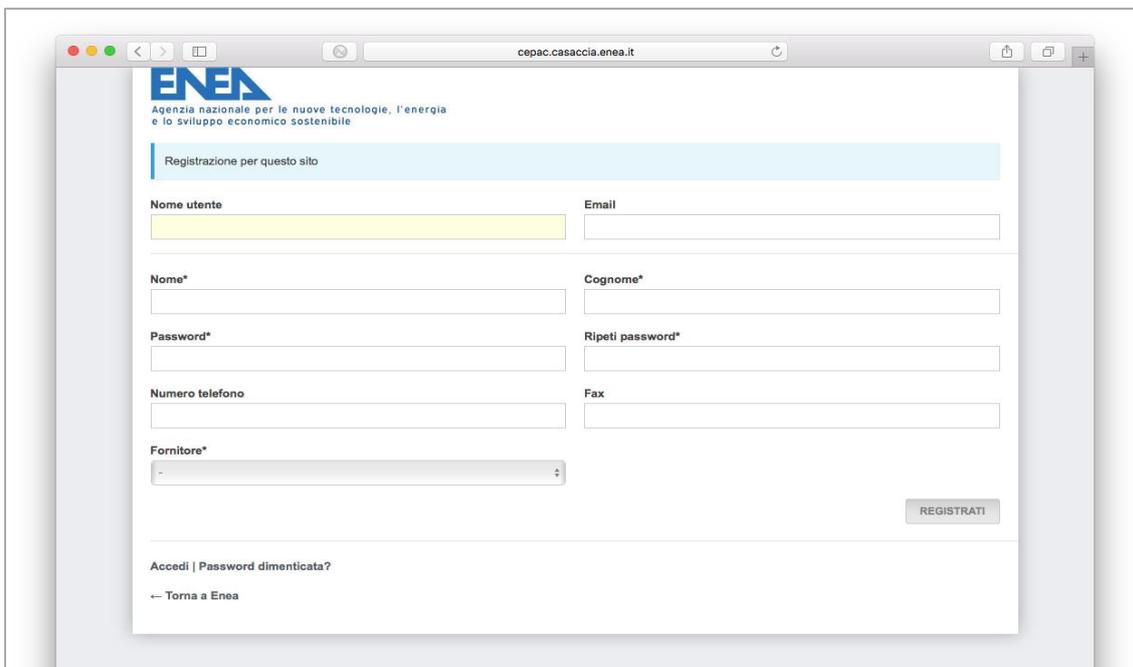
[Pagina di registrazione](#)

La pagina di registrazione consente la creazione di una nuova utenza di una persona di riferimento legata ad un fornitore che sia o non sia già registrato.

Una volta scelto il nome utente e la password, sarà necessario indicare il nome e il cognome della persona di riferimento dell'azienda fornitrice, oltre che il numero di telefono e fax dell'azienda stessa.

A questo punto, se l'azienda fornitrice è già presente nell'elenco del menù a tendina “Fornitore”, potrà essere selezionata l'azienda relativa. In caso contrario si dovrà selezionare la voce “Non presente nella lista” nel menù a tendina “Fornitore”.

Una volta inseriti i dati nel menù relativo al nuovo fornitore, si potrà cliccare sul tasto “Registrati” e successivamente si potrà effettuare il login con le credenziali appena create.



cepac.casaccia.enea.it

ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile

Registrazione per questo sito

Nome utente

Email

Nome*

Cognome*

Password*

Ripeti password*

Numero telefono

Fax

Fornitore*

Accedi | Password dimenticata?

[← Torna a Enea](#)

Figura 26 - Pagina di registrazione al portale

Fornitore*

Non presente nella lista

Aggiungi nuovo fornitore

Denominazione*

Provincia*

Comune*

Seleziona la provincia

Cap

Via*

Numero civico*

Partita IVA*

Codice fiscale*

Telefono

Fax

REGISTRATI

Figura 27 - Registrazione di un nuovo fornitore

[Home page](#)

Una volta effettuato il login, si accederà alla home page da cui sarà possibile accedere alla sezione “Inserimento consumi”, per l’inserimento del dettaglio sul tipo di consumi relativi alla pubblica amministrazione rilevante.

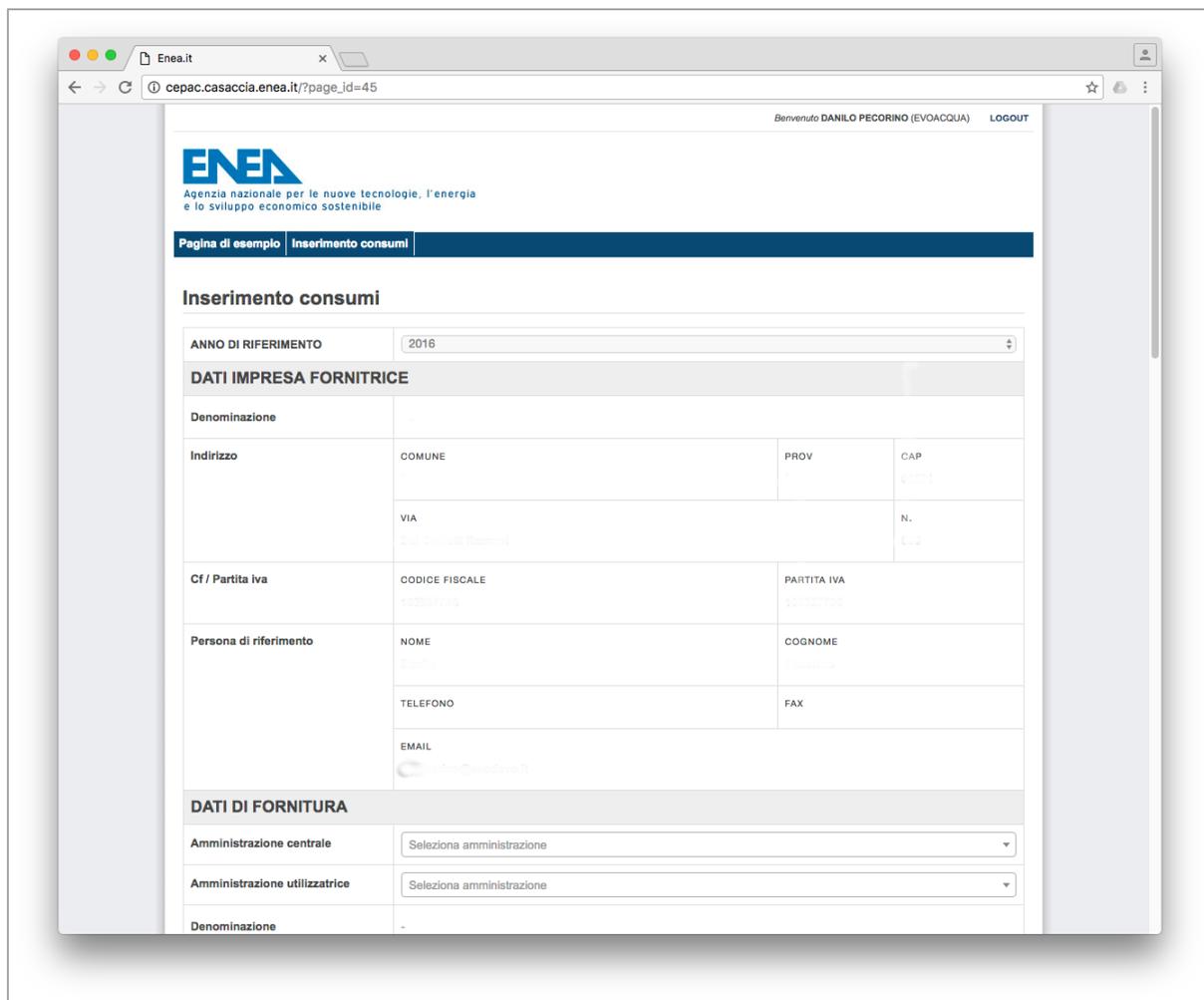
[Sezione per l’inserimento dei consumi](#)

La sezione relativa all’inserimento dei dati di consumo è suddivisa in 5 parti:

- Dati impresa fornitrice
- Dati fornitura
- Dati consumo elettrico
- Dati di consumo per uso termico
- Corrispettivi pagati

La sezione “Dati impresa fornitrice” è auto-compilata e contiene i dati forniti dall’impresa fornitrice al momento della registrazione. Non è possibile modificare da qui questi dati.

Nota: nell’immagine sottostante i dati relativi all’impresa fornitrice non compaiono per questioni di rispetto della privacy delle imprese registrate.



The screenshot shows a web browser window with the URL `cepac.casaccia.enea.it/?page_id=45`. The page title is "Inserimento consumi". The form contains the following fields:

- ANNO DI RIFERIMENTO:** 2016
- DATI IMPRESA FORNITRICE:**
 - Denominazione: -
 - Indirizzo:

COMUNE	PROV	CAP
VIA	N.	
 - Cf / Partita iva:

CODICE FISCALE	PARTITA IVA
----------------	-------------
 - Persona di riferimento:

NOME	COGNOME
TELEFONO	FAX
EMAIL	
- DATI DI FORNITURA:**
 - Amministrazione centrale: Selezione amministrazione
 - Amministrazione utilizzatrice: Selezione amministrazione
 - Denominazione: -

Figura 28 - Sezione per l’inserimento dei dati dell’impresa fornitrice.

Nella sezione “Dati forniture” è necessario selezionare sia l’amministrazione centrale sia l’amministrazione utilizzatrice, così come raccolte dall’indice delle pubbliche amministrazioni (IPA) disponibile al sito <http://www.indicepa.gov.it/>.

La selezione delle amministrazioni avviene cliccando sul campo relativa e poi iniziando a scrivere il nome della pubblica amministrazione stessa. Comparirà un elenco dal quale sarà possibile scegliere l’amministrazione d’interesse.

A questo punto le sotto-sezioni “Denominazione” e “Sito di fornitura” si compileranno automaticamente e sarà possibile procedere alla compilazione della sotto-sezione “Tipo di fornitura” in cui andranno selezionati i box del tipo di fornitura relativamente ai quali si stanno inserendo i dati. Nel caso dell’energia elettrica dovranno essere inseriti manualmente i valori di tensione di alimentazione (V) e di potenza impegnata (kW). In tutti i casi deve poi essere indicata la tipologia di contatore/misuratore nella sezione apposita. È possibile inserire commenti scrivendo nella sezione “Annotazioni”.

Le due sezioni seguenti, “Dati di consumo elettrico” e “Dati di consumo per uso termico”, sono relative all’inserimento dei valori di consumo vero e propri.

Nella sezione “Dati di consumo elettrico” è necessario inserire il valore di consumo espresso in kWh nel campo relativo, indicando se il valore è misurato o stimato selezionando il box corretto. È poi possibile inserire commenti nel box “Annotazioni”.

La sezione “Dati di consumo per uso termico”, invece, è suddivisa in righe che si riferiscono ai tipi di fornitura (gas metano, GPL, gasolio, biomasse, teleriscaldamento, teleraffrescamento e altro). Per

compilare questa sezione è sufficiente inserire il valore di consumo nella cella relativa all'unità di misura in cui sono espressi i consumi, per ogni tipo di fornitura, indicando anche se il valore è misurato o stimato. La riga "TOTALE" è generata automaticamente e non può essere modificata. È, anche in questo caso, possibile inserire commenti nel box "Annotazioni".

Nella sezione "Corrispettivi pagati (per la sola fornitura di vettori energetici)" dovranno, poi, essere indicati gli importi annualmente corrisposti per la fornitura elettrica e per la fornitura di energia per uso termico. I valori sono espressi in €. Nelle sezioni "Annotazioni" possono essere inseriti commenti esplicativi.

DATI DI FORNITURA			
Amministrazione centrale	Seleziona amministrazione		
Amministrazione utilizzatrice	Seleziona amministrazione		
Denominazione	-		
Sito di fornitura	COMUNE	PROV	CAP
	-	-	-
	VIA		
	-		
	PARTITA IVA / CODICE FISCALE		
	-		
Tipo di fornitura			TIPOLOGIA CONTATORI / MISURATORI
	<input type="checkbox"/> ENERGIA ELETTRICA		<input checked="" type="radio"/> Elettronico <input type="radio"/> Tradizionale <input type="radio"/> Altro
	Tensione di alimentazione (V)	<input type="text"/>	
	Potenza impegnata (kW)	<input type="text"/>	
	<input type="checkbox"/> COMBUSTIBILI		<input checked="" type="radio"/> Elettronico <input type="radio"/> Tradizionale <input type="radio"/> Altro
	<input type="checkbox"/> TELERISCALDAMENTO		<input checked="" type="radio"/> Elettronico <input type="radio"/> Tradizionale <input type="radio"/> Altro
	<input type="checkbox"/> TELERAFFRESCAMENTO		<input checked="" type="radio"/> Elettronico <input type="radio"/> Tradizionale <input type="radio"/> Altro
<input type="checkbox"/> ALTRO		<input checked="" type="radio"/> Elettronico <input type="radio"/> Tradizionale <input type="radio"/> Altro	
ANNOTAZIONI			
<input type="text"/>			

Figura 29 - Sezione per l'inserimento dei dati di fornitura.

DATI DI CONSUMO ELETTRICO		
	KWH	VALORE
Energia elettrica	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
ANNOTAZIONI <input type="text"/>		

Figura 30 - Sezione per l'inserimento dei dati relativi al consumo elettrico.

DATI DI CONSUMO PER USO TERMICO					
	LITRI	M3	KWHT	KG	VALORE
Gas metano	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
GPL	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
Gasolio	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
Biomasse	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
Teleriscaldamento	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
Teleraffreddamento	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
Altro	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stimato <input type="radio"/> Misurato
TOTALE	-	-	-	-	
ANNOTAZIONI <input type="text"/>					

Figura 31 - Sezione per l'inserimento dei dati relativi ai consumi per uso termico.

CORRISPETTIVI PAGATI (per la sola fornitura di vettori energetici)		
	IMPORTO TOTALE ANNUALE (€)	ANNOTAZIONI
ENERGIA ELETTRICA	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ENERGIA PER USO TERMICO	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 32 - Sezione per l'inserimento dei dati relativi agli importi pagati per l'energia elettrica e l'energia per uso termico, con eventuali annotazioni.

Una volta completato il processo di inserimento dati è necessario cliccare sul tasto "Invia" posto in basso a destra nella pagina per inviare i dati al database e garantirne il salvataggio. Se l'operazione è andata a buon fine, comparirà la schermata sottostante con la scritta "Operazione completata".

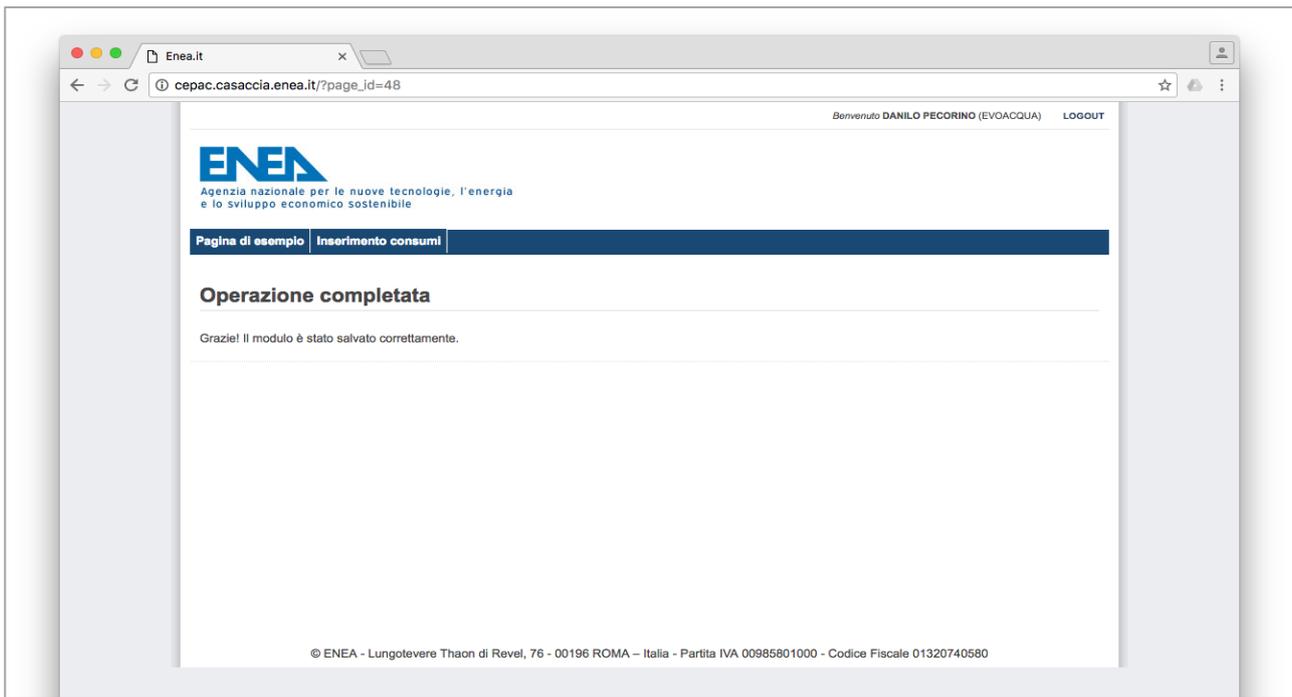


Figura 33 - Pagina di conferma dell’avenuta sottomissione del modulo.

9.2 Architettura

La soluzione prevede l’utilizzo del Web Server Apache che ha la funzione di container per il portale del DBPA; quest’ultimo sarà realizzato tramite un CMS WordPress e permetterà agli incaricati delle aziende fornitrici di energia di inserire tramite interfaccia esposta nel cloud i dati relativi ai consumi energetici delle pubbliche amministrazioni (da qui P.A.).

Per sfruttare il servizio DBPA, gli incaricati devono dapprima registrarsi sulla piattaforma fornendo dei dati, tra cui le credenziali, e in seguito autenticarsi tramite le medesime.

I dati ricevuti, se correttamente convalidati, vengono memorizzati su un database MySQL opportunamente studiato anche per analizzare i dati tramite il modulo di Business Intelligence, ovvero l’accoppiata Tableau più R, un ambiente per il calcolo statistico e produzione di grafici.

Da un punto di vista logico, l’ambiente viene così rappresentato:

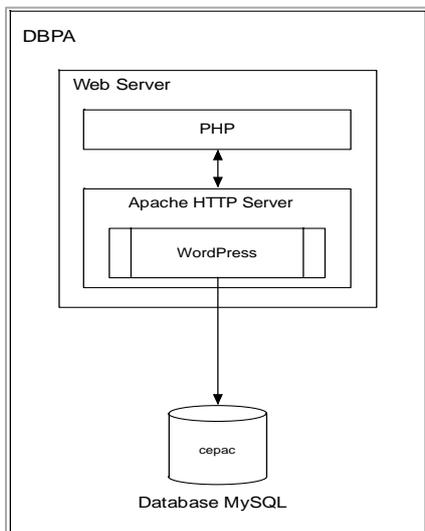


Figura 34 - Schema Architetture DBPA

Tutti gli applicativi sono installati sul medesimo server *cepac* che risponde all'indirizzo *cepac.casaccia.enea.it* (192.107.92.86), una macchina basata su sistema operativo linux, distribuzione Centos 6.x, dove sono installati i seguenti applicativi:

- PHP versione 5.4.16
- Apache HTTP Server versione 2.4.6
- MySQL versione 5.5.47
- WordPress versione 4.5.3

Attualmente la gestione utenti della banca dati DBPA è demandata al modulo WordPress, che manderà una mail di conferma di avvenuta registrazione compatibilmente con la presenza del server di posta.

9.3 Database

Schema ER

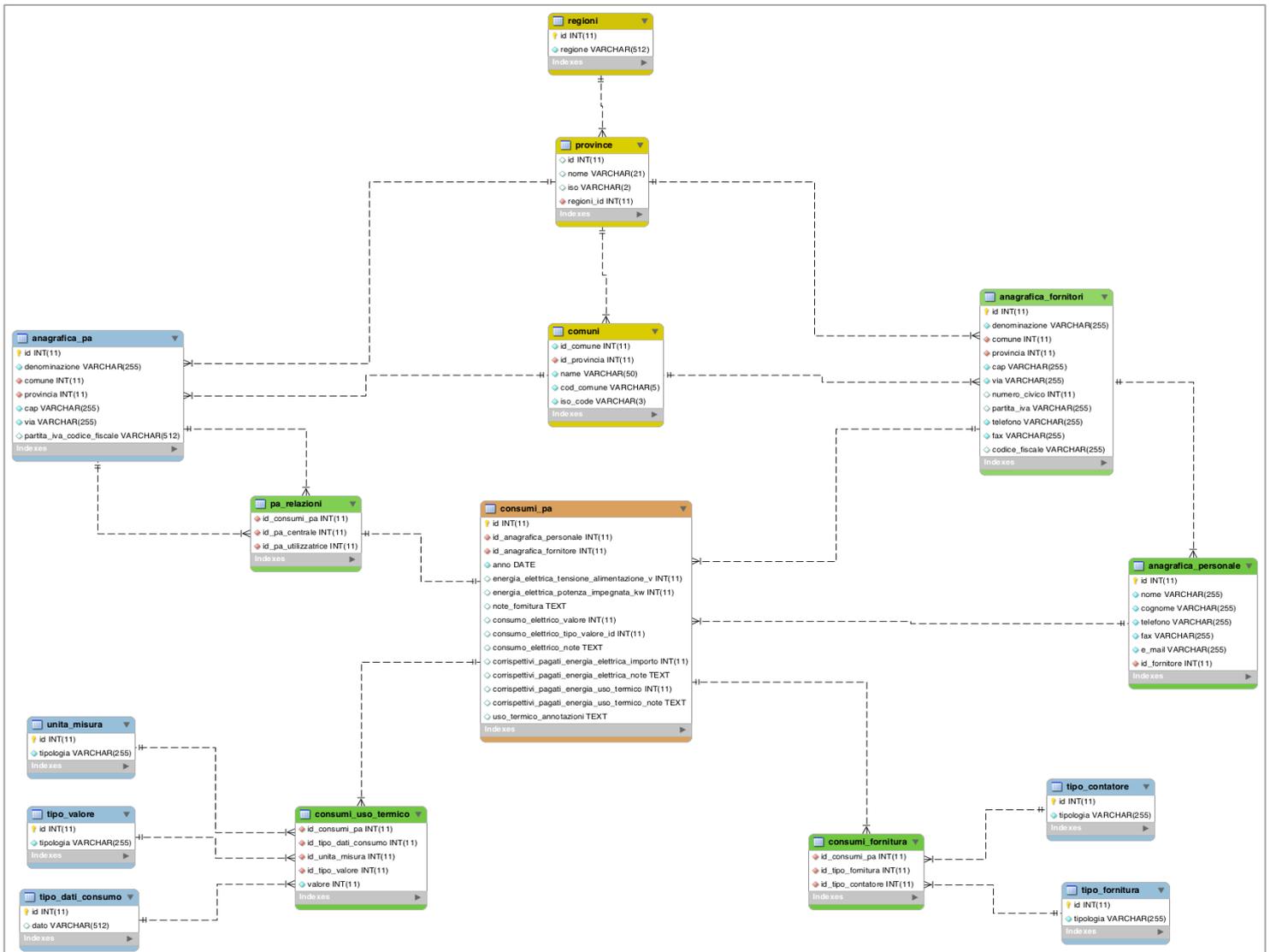


Figura 35 - Schema ER

Dati impresa fornitrice

- Denominazione: *anagrafica_fornitori.denominazione*
- Comune: *anagrafica_fornitori.comune*
- Provincia: *anagrafica_fornitori.provincia*
- CAP: *anagrafica_fornitori.cap*
- Via: *anagrafica_fornitori.via*
- N°: *anagrafica_fornitori.numero_civico*
- CF/Partita IVA: *anagrafica_fornitori.codice_fiscale*

Dati persona di riferimento

- Nome: *anagrafica_personale.nome*
- Cognome: *anagrafica_personale.cognome*
- Telefono: *anagrafica_personale.telefono*
- Fax: *anagrafica_personale.fax*
- E-mail: *anagrafica_personale.e_mail*

Dati di fornitura (Dati PA)

- Denominazione: *anagrafica_pa.denominazione*
- Amministrazione centrale/utilizzatrice: questa informazione è ottenibile mettendo in join l'id della Pa, presente nella tabella *anagrafica_pa*, con i campi *id_pa_centrale* e *id_pa_utilizzatrice* della tabella *pa_relazioni*. A seconda del campo su cui si avrà il match, sarà chiaro il tipo di amministrazione.
- Sito fornitura:
 - Comune: *anagrafica_pa.comune*
 - Provincia: *anagrafica_pa.provincia*
 - CAP: *anagrafica_pa.cap*
 - Via: *anagrafica_pa.via*
 - CF/partita IVA: *anagrafica_pa.partita_iva_codice_fiscale*
- Tipo di fornitura: *tipo_fornitura.tipologia*
 - Tensione di alimentazione (V): *consumi_pa.energia_elettrica_tensione_alimentazione_v* (nel caso in cui la tipologia di fornitura sia *energia elettrica*)
 - Potenza impegnata (kW): *consumi_pa.energia_elettrica_potenza_impegnata_kw* (nel caso in cui la tipologia di fornitura sia *energia elettrica*)
- Tipo di contatore/misuratori: *tipo_contatore.tipologia*
- Annotazioni: *consumi_pa.note_fornitura*

Dati di consumo elettrico

- kWh: *consumi_pa.consumo_elettrico_valore*(nel caso in cui la tipologia di fornitura sia

energia elettrica)

- Valore (Stimato/Misurato): *consumi_pa.consumo_elettrico_tipo_valore_id* (in join sulla tabella *tipo_valore*)
- Annotazioni: *consumi_pa.consumo_elettrico_note*

Dati consumo per uso termico

- Consumo (valore): *consumi_uso_termico.valore* (la tabella *consumi_uso_termico* è in join con la tabella *consumi_pa* tramite il campo *id_consumi_pa*)
- Unità di misura (litri/m3/kWh/kg): *unita_misura.tipologia* (in join su *consumi_uso_termico* con il campo *id_unita_misura*)
- Tipologia dati consumo (Gas metano, GPL, Gasolio ecc.): *tipo_dati_consumo.dato* (in join su *consumi_uso_termico* con il campo *id_dati_consumo*)
- Tipo di valore (stimato/misurato): *tipo_valore.tipologia* (in join su *consumi_uso_termico* con il campo *id_tipo_valore*)
- Annotazioni: *consumi_pa.uso_termico_annotazioni*

Corrispettivi pagati (per la sola fornitura dei vettori energetici)

- Importo totale annuale (€) per energia elettrica:
consumi_pa.corrispettivi_pagati_energia_elettrica_importo
- Annotazioni per energia elettrica: *consumi_pa.corrispettivi_pagati_energia_elettrica_note*
- Importo totale annuale (€) per energia per uso termico:
consumi_pa.corrispettivi_pagati_energia_uso_termico
- Annotazioni per energia per uso termico:
consumi_pa.corrispettivi_pagati_energia_uso_termico_note

10 Analisi del database di interventi di efficienza energetica incentivati nel 2014 con il meccanismo delle detrazioni fiscali del 65%

Come noto, il meccanismo di incentivazione delle detrazioni fiscali del 65% costituisce una fonte di dati sui consumi energetici e sull'efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente estremamente ampia: basti pensare che, a partire dal 2007, mediamente ogni anno sono stati incentivati 300.000 interventi su tutto il territorio nazionale. Anche in virtù di tale diffusione capillare sul territorio, la misura è considerata una best-practice a livello internazionale [30] e costituisce una delle due misure alternative (l'altra è il Conto Termico) che, a partire dal 2014, sono state per ora affiancate al meccanismo d'obbligo dei Certificati Bianchi per adempiere agli obblighi dettati dall'articolo 7 della Direttiva Europea 2012/27/UE.

Infatti, tale provvedimento (c.d. Direttiva Efficienza Energetica) prevede che "ciascuno Stato membro istituisce un regime nazionale obbligatorio di efficienza energetica. [...] In alternativa all'istituzione di un regime nazionale obbligatorio di efficienza energetica [...], gli Stati membri possono scegliere di adottare altre misure politiche per realizzare risparmi energetici tra i clienti finali. [...] gli Stati membri possono combinare regimi obbligatori con misure politiche alternative, compresi programmi nazionali di efficienza

energetica. [...] Gli Stati membri provvedono affinché non si proceda a un doppio conteggio dei risparmi energetici” (Art. 7).

L’Italia ha recepito la Direttiva Efficienza Energetica attraverso il Decreto Legislativo n. 102/2014 e ss.mm., stabilendo che il regime obbligatorio è costituito, come detto, dal meccanismo dei Certificati Bianchi, indirizzato prevalentemente al settore industriale, affiancato dalle misure alternative del Conto Termico (rivolto alla Pubblica Amministrazione) e, per l’appunto, delle detrazioni fiscali del 65%, relative in particolare allo stock esistente del patrimonio residenziale privato.

Sebbene le tre misure citate siano rivolte a settori differenti, alcune tipologie di intervento sono comuni: sarebbe quindi possibile incentivare lo stesso intervento da più parti, eventualità chiaramente non consentita dalla normativa e che comunque potrebbe verificarsi non necessariamente in presenza di comportamenti fraudolenti da parte degli utenti finali che fanno richiesta dell’incentivo.

Finora, il calcolo dei risparmi conseguiti ha adottato un criterio estremamente conservativo, di fatto escludendo dal computo i risparmi derivanti da quegli interventi per i quali è potenzialmente possibile una sovrapposizione tra più meccanismi di incentivazione. Tuttavia, il rafforzamento e ampliamento di tali meccanismi, previsto in vista degli obiettivi vincolanti posti al 2020, impone per il meccanismo delle detrazioni fiscali del 65% una revisione della metodologia di analisi dei dati finora adottata, finalizzata ad una maggiore disaggregazione dei dati e delle informazioni fornite.

La complessità del database degli interventi incentivati, sia in termini di numero complessivo di record presenti (mediamente 300.000 per ogni anno) sia di numerosità di informazioni contenute in ciascun record, ha reso necessario il coinvolgimento del Dipartimento di Scienze Statistiche dell’Università degli Studi di Roma La Sapienza [31], per la definizione di una robusta metodologia statistica che trattasse in modo automatico e a livello di singolo record i valori riscontrati nella fase di inserimento dati da parte degli utenti.

Fino all’analisi dei dati del 2013, coerentemente con quanto previsto dal quadro normativo di riferimento [32], la stima degli investimenti attivati dal meccanismo e dei relativi risparmi energetici ottenuti è stata effettuata fino a livello regionale, ma il mutato quadro di riferimento impone evidentemente una maggiore disaggregazione dell’analisi a livello di singolo record, con particolare riferimento alla necessità di evitare il doppio conteggio dei risparmi derivanti da interventi di efficienza energetica incentivati con altri meccanismi di incentivazione, quali ad esempio il Conto Termico che a partire dal 2014 ha cominciato a fornire i primi risultati [33].

10.1 La struttura dei database

Al Dipartimento di Scienze Statistiche dell’Università degli Studi di Roma La Sapienza sono stati forniti 5 differenti database, uno per ognuno delle macrocategorie di intervento ammesse ad incentivo per interventi conclusi nel 2014 (ultimo anno per cui si hanno dati a disposizione), definite secondo i commi della Legge Finanziaria 2007 che le definirono inizialmente:

- Comma 344: riqualificazione energetica globale dell’edificio (limite di detrazione massimo: 100.000 € per intervento).
- Comma 345a: interventi su strutture opache orizzontali e verticali (limite di detrazione massimo: 60.000 € per unità immobiliare).
- Comma 345b: interventi su finestre comprensive di infissi (limite di detrazione massimo: 60.000 € per unità immobiliare).
- Comma 346: per l’installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda limite di detrazione massimo: 60.000 € per unità immobiliare).
- Comma 347: per la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione o, in alternativa, con pompe di calore ad alta efficienza ovvero con

impianti geotermici a bassa entalpia e per interventi di sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria (limite di detrazione massimo: 30.000 € per unità immobiliare).

Per accedere ai benefici fiscali per le riqualificazioni energetiche degli edifici uno dei requisiti necessari è l'invio ad ENEA di una serie di documenti ed informazioni. In funzione della tipologia di intervento, il beneficiario provvede alla compilazione di appositi allegati tecnici, all'interno di uno sito web dedicato, contenenti una notevole mole di informazioni relative a:

- ANAGRAFICA RELATIVA AL BENEFICIARIO DELLA DETRAZIONE;
- ANAGRAFICA DELL'IMMOBILE OGGETTO DI INTERVENTO;
- INVOLUCRO EDILIZIO;
- IMPIANTO TERMICO;
- CONTESTO (informazioni climatiche, indicazioni storico-descrittive)
- CONSUMI ENERGETICI;
- PRESTAZIONI SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO;
- PROBLEMATICHE TECNICHE (desumibili dalle raccomandazioni tecniche);
- CARATTERIZZAZIONE TECNICA DELL'INTERVENTO;
- RISPARMIO ENERGETICO CONSEGUITO;
- CARATTERIZZAZIONE ECONOMICA DELL'INTERVENTO.

In particolare, sono stati predisposti 3 differenti allegati⁴:

- ALLEGATO A;
- ALLEGATO E;
- ALLEGATO F.

L'allegato A – noto anche Attestato di Qualificazione Energetica (AQE) - contiene tutte le informazioni relative alle caratteristiche tecniche del sistema edificio-impianto; la finalità primaria di questo allegato è quella di definire l'indice di prestazione energetica, ossia il parametro termotecnico capace di fornire indicazioni sintetiche sul fabbisogno di energia primaria del sistema edificio impianto normalizzato (o in funzione del volume dell'edificio o in funzione della superficie utile). A titolo esemplificativo della mole di dati che costituisce il database, la Figura 32 mostra i parametri richiesti all'interno di tale form.

⁴ Per l'anno fiscale 2014, che rappresenta l'anno campione di riferimento per questo studio, tali allegati sono disponibili all'indirizzo internet <http://finanziaria2014.enea.it> e per semplicità di lettura sono stati riportati nel testo soltanto parzialmente.

ALLEGATO A
 alla L. 296/2006 - Attestato di qualificazione energetica
 Dati riferiti alla situazione successiva all'intervento

Stampa

Dati generali:

1. Dati identificativi della struttura oggetto dell'intervento:	Ubicazione edificio: (in alternativa ai dati catastali) Indirizzo: Via dei Gerani Numero civico: 11 CAP: Comune: Acciano Provincia: L'Aquila Scala: aa Interno: Dati catastali: (in alternativa all'ubicazione dell'edificio) Codice catastale del Comune: A018 Foglio: Mappale: Subalterno:
2. Anno di costruzione:	1987
3. Proprietario o detentore dell'edificio:	Ragione sociale: società Sede: Campogalliano, Modena (ITALIA) Codice fiscale: 0000000000000000 Partita IVA: 48329058342
4. Destinazione d'uso generale	
5. Destinazione d'uso particolare:	edifici adibiti a residenza e assimilabili (con carattere continuativo o saltuario, alberghi ed attività similari)
6. Tipologia edilizia:	edificio in linea e condominio oltre i tre piani fuori terra
7. Destinazione d'uso	a. Intero edificio <input type="radio"/> Unità facente parte dell'edificio <input checked="" type="radio"/> b. Numero unità immobiliari presenti nell'intero edificio: 1

Involucro edilizio:

8. Tipologia costruttiva:	a. muratura portante
9. Volume lordo riscaldato V [mc.]:	1000
10. Superficie disperdente S [mq.]:	1000
11. Rapporto S/V [m⁻¹] (calcolo autom.):	1
12. Superficie utile [mq.] (autom. dall'anagrafica):	100
13. Eventuali interventi di manutenzione straordinaria o ristrutturazione: (indicare la data e la tipologia degli interventi effettuati, ove tali dati siano disponibili.)	
14. Anno d'installazione del generatore di calore: (se presenti più generatori di calore installati in epoche diverse indicare il più recente)	2014

Impianto di Riscaldamento:

15. Tipo di impianto:	a. impianto autonomo																											
16. Tipo di terminali di erogazione del calore:	b. ventilconvettori																											
17. Tipo di distribuzione:	b. edifici a colonne montanti, non isolate termicamente, inserite all'interno delle pareti																											
18. Tipo di regolazione :	a. regolazione centralizzata																											
19. Tipo e numero di generatori presenti:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">a. Caldaia ad acqua calda standard *</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">n. 1</td> <td style="width: 30%;">rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>b. Caldaia ad acqua calda a bassa temperatura *</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>c. Caldaia a gas a condensazione</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>d. Caldaia a gasolio a condensazione</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>e. Pompa di calore/Impianto Geotermico **</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>P.E.A. =</td> </tr> <tr> <td>f. Generatore aria calda *</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>g. Scambiatore per teleriscaldamento</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>h. Caldaia a Biomassa</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>rendimento= %</td> </tr> <tr> <td>i. Altro</td> <td style="text-align: center;">n. 0</td> <td>specificare:</td> </tr> </table>	a. Caldaia ad acqua calda standard *	n. 1	rendimento= %	b. Caldaia ad acqua calda a bassa temperatura *	n. 0	rendimento= %	c. Caldaia a gas a condensazione	n. 0	rendimento= %	d. Caldaia a gasolio a condensazione	n. 0	rendimento= %	e. Pompa di calore/Impianto Geotermico **	n. 0	P.E.A. =	f. Generatore aria calda *	n. 0	rendimento= %	g. Scambiatore per teleriscaldamento	n. 0	rendimento= %	h. Caldaia a Biomassa	n. 0	rendimento= %	i. Altro	n. 0	specificare:
a. Caldaia ad acqua calda standard *	n. 1	rendimento= %																										
b. Caldaia ad acqua calda a bassa temperatura *	n. 0	rendimento= %																										
c. Caldaia a gas a condensazione	n. 0	rendimento= %																										
d. Caldaia a gasolio a condensazione	n. 0	rendimento= %																										
e. Pompa di calore/Impianto Geotermico **	n. 0	P.E.A. =																										
f. Generatore aria calda *	n. 0	rendimento= %																										
g. Scambiatore per teleriscaldamento	n. 0	rendimento= %																										
h. Caldaia a Biomassa	n. 0	rendimento= %																										
i. Altro	n. 0	specificare:																										
* Indicare il rendimento in percentuale, al 100% della potenza nominale del focolare, riportato sul libretto di uso e manutenzione																												
** Fare riferimento alla potenza elettrica assorbita (P.E.A.)																												
20. Combustibile dell'impianto prevalente utilizzato:	a. gas metano																											
21. Potenza nominale al focolare del generatore di calore [kW] o potenza elettrica assorbita [KW] (se presenti più generatori di calore sommarne la potenza)	545																											
22. Eventuali interventi di manutenzione straordinaria o ristrutturazione (Indicare la data e la tipologia degli interventi effettuati sull'impianto di riscaldamento)	54																											

Dati climatici:	
23. Zona climatica Deriva in automatico dall'anagrafica dell'immobile	E
24. Gradi giorno Deriva in automatico dall'anagrafica dell'immobile	2362
25. Temperatura esterna di progetto	0
Tecnologie di utilizzo delle fonti rinnovabili, ove presenti:	
26. Tipologia di sistemi per l'utilizzazione delle fonti rinnovabili:	b. fotovoltaico
Risultati della valutazione energetica	
Dati generali:	
27. Riferimento alle norme tecniche utilizzate Richiamare, con riferimento all'allegato B del DM 26/06/2009, le norme tecniche utilizzate per il calcolo dei fabbisogni energetici e dell'indice di prestazione	lihlkh
28. Metodo di valutazione della prestazione energetica utilizzato: Richiamare, con riferimento al DPR 2/4/2009 n. 59, la metodologia utilizzata per il calcolo dei fabbisogni di energia e dell'indice di prestazione energetica. Nel caso di utilizzo del metodo semplificato di cui all'allegato G del decreto attuativo del 19/04/2008 evidenziare l'applicazione delle Raccomandazioni CTI-R 03/3 e successive modifiche	jhgjh
Dati di ingresso:	
29. Descrizione dell'edificio e della sua localizzazione e destinazione d'uso Fornire una descrizione sintetica dell'edificio (numero di piani, numero di appartamento per piano, tipo di paramento esterno, tipo di copertura superiore, ecc.) e dell'uso a cui è adibito	hgjgjh
Risultati:	
30. Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale [kWh/anno] Indicare il risultato ottenuto sulla base dei riferimenti richiamati ai punti 27, 28 e 29	100
31. Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale proprio dell'edificio [kWh/mq anno o kWh/mc anno] Parametro ottenuto come da indicazioni del punto 30 diviso la superficie utile (punto 12) o il volume lordo riscaldato (punto 9)	1
32. Pertinente valore limite dell'indice di prestazione energetica limite per la climatizzazione invernale [kWh/mq anno o kWh/mc anno] Indicare, in relazione all'ubicazione e alla tipologia dell'edificio, i pertinenti valori limiti previsti dall'allegato C, comma 1, del decreto legislativo 192/05 come modificato dal decreto legislativo 311/06	12
Lista delle raccomandazioni:	
33. Elencare i possibili interventi di miglioramento dell'efficienza energetica tecnicamente ed economicamente applicabili all'edificio e ai suoi impianti, specificando la tipologia, il costo indicativo ed il risparmio energetico atteso:	jhgj
Dati relativi al tecnico compilatore:	
34. Indicare il nome, cognome, luogo e data di nascita, residenza, ruolo in relazione all'edificio in oggetto, estremi dell'iscrizione all'albo professionale del tecnico abilitato che produce l'attestazione di qualificazione energetica	hjhjgjh
35. Luogo di compilazione:	kjhgkj
36. Data di compilazione:	16/04/2015
<input type="button" value="Stampa"/>	
(Il documento originale cartaceo deve riportare la firma ed il timbro del tecnico compilatore e deve essere consegnato al beneficiario per essere esibito a richiesta)	

Figura 36: DOCUMENTI NECESSARI ALL'ACCESSO AL BENEFICIO FISCALE DEL 65%: ALLEGATO A (fonte: <http://finanziaria2014.enea.it>)

L'allegato E contiene dati afferenti più specificamente all'intervento di riqualificazione energetica effettuato. Questo allegato è la sintesi di tutte le informazioni quantitative e qualitative necessarie a descrivere i lavori sotto il profilo tecnico-economico: tipologia dei lavori, caratteristiche tecniche, quantità, investimenti sostenuti, risparmio energetico conseguito. La Figura 33 mostra i parametri richiesti all'interno di tale form.

ALLEGATO E
Scheda informativa per interventi di cui all'articolo 1, comma 344, 345, 346, 347 della Legge 27 dicembre 2006, n. 296

Stampa

CPID: 1025092-YKNCLYDXTOMFIIPN

1. Dati identificativi del richiedente che ha sostenuto le spese: Ragione sociale: sasasa
Sede: Craco, Matera (ITALIA)
Codice fiscale: ncrttt81c04g777
Partita IVA:

2. Titolo a cui sono fatti i lavori: Proprietario o comproprietario

3. Richiesta anche per conto di altri: 0

4. Dati identificativi della struttura oggetto dell'intervento: Ubicazione edificio: (in alternativa ai dati catastali)
Indirizzo: 3392493656
Numero civico: a
CAP: 00100
Comune: Abriola
Provincia: Potenza
Scala:
Interno:
Dati catastali: (in alternativa all'ubicazione dell'edificio)
Codice catastale del Comune: A013
Foglio:
Mappale:
Subalterno:
Numero unità immobiliari oggetto dell'intervento: 1

5. Identificazione della tipologia di intervento eseguito (Compilare la parte di pertinenza): Comma 345a

a. Pareti verticali:

Superficie [m2]	Trasmittanza prima dell'intervento [W/m2K]	Trasmittanza dopo l'intervento [W/m2K]	Verso esterno o parti non riscaldate (dopo l'intervento)
45666	655	355	SI

* AVVISO. Si consiglia di verificare la trasmittanza dopo l'intervento con i valori limite riportati nell'allegato B al DM 11/3/08, come modificato dal D.M. 26/01/2010, disponibile sul nostro sito di informazione <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it>

b. Pareti orizzontali o inclinate:

Tipo	Superficie [m2]	Trasmittanza prima dell'intervento [W/m2K]	Trasmittanza dopo l'intervento [W/m2K]	Verso esterno o parti non riscaldate (dopo l'intervento)
				0

* AVVISO. Si consiglia di verificare la trasmittanza dopo l'intervento con i valori limite riportati nell'allegato B al DM 11/3/08, come modificato dal D.M. 26/01/2010, disponibile sul nostro sito di informazione <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it>

c. Infissi:

Tipologia di telaio esistente prima dell'intervento	Tipologia di vetro esistente prima dell'intervento	Superficie complessiva di telaio e vetro oggetto dell'intervento [m2]	Tipologia di telaio esistente dopo l'intervento	Tipologia di vetro esistente dopo l'intervento	Trasmittanza del nuovo infisso [W/m2K]
Legno	Singolo	5434532	Legno	Doppio	532

* AVVISO. Si consiglia di verificare la trasmittanza dopo l'intervento con i valori limite riportati nell'allegato B al DM 11/3/08, come modificato dal D.M. 26/01/2010, disponibile sul nostro sito di informazione <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it>

Totale generale dei dati tecnici/finanziari del risparmio energetico:

6. Risparmio energetico stimato in fonti primarie [Kwh] (riportare la somma)	150
7. Costo dell'intervento di qualificazione energetica al netto delle spese professionali [Euro]	3800
8. Costo delle spese professionali [Euro]	340
9. Detrazione fiscale (a cura del contribuente: 55% per le spese sostenute prima del 06.06.2013 e 65% per le spese successive)	1449

Date:

10. Data inizio dei lavori (gg/mm/aaaa)	25/02/2014
*11. Data ultimazione dei lavori (collaudo) (gg/mm/aaaa)	25/02/2014
12. Data compilazione (gg/mm/aaaa)	25/03/2015

Firma del richiedente

Stampa

Figura 37: DOCUMENTI NECESSARI ALL'ACCESSO AL BENEFICIO FISCALE DEL 65%: ALLEGATO E (fonte: <http://finanziaria2014.enea.it>)

Infine, l'allegato F (da inviare unicamente per alcune tipologie di intervento) contiene - in versione semplificata - alcune informazioni sul sistema edificio-impianto oggetto dell'allegato A e alcune informazioni (nello specifico: caratterizzazione tecnico-economica dell'intervento e risparmio energetico)

oggetto dell'allegato E. La Figura 34 mostra i parametri richiesti all'interno di tale form.

ALLEGATO F					
Scheda informativa per interventi di cui all'articolo 1, comma 345, limitatamente agli interventi di sostituzione di finestre comprensive di infissi in singole unità immobiliari e 346 della Legge 27 dicembre 2006, n. 296					
Stampa					
CPID:		1038934-SRBOF-JHXPJMVMWJ			
1. Dati identificativi del richiedente che ha sostenuto le spese:		Ragione sociale: società Sede: Campogalliano, Modena(ITALIA) Codice fiscale: 0000000000000000 Partita IVA: 46329058342			
2. Dati identificativi della struttura oggetto dell'intervento:		Ubicazione edificio: (in alternativa ai dati catastali) Indirizzo: Via dei Gerani Numero civico: 11 CAP: Comune: Acciano Provincia: L'Aquila Scala: aa Interno: Dati catastali: (in alternativa all'ubicazione dell'edificio) Codice catastale del Comune: A018 Foglio: Mappale: Subalterno: Numero unità immobiliari oggetto dell'intervento: 1			
3. Anno di costruzione:		1987			
4. Superficie utile [mq.]:		100			
5. Tipologia edilizia:		edificio in linea e condominio oltre i tre piani fuori terra			
6. Destinazione d'uso generale:					
7. Destinazione d'uso particolare:		edifici adibiti a residenza e assimilabili (con carattere continuativo o saltuario, alberghi ed attività similari)			
8. Richiesta anche per conto di altri:		Si			
9. Identificazione della tipologia di intervento eseguito:		Comma 345b			
Dati identificativi dell'impianto termico:					
10. Tipo di generatore di calore per il riscaldamento degli ambienti:		Caldaia ad acqua calda a bassa temperatura			
11. Combustibile utilizzato:		b. gasolio			
Dati identificativi dell'impianto termico:					
10. Tipo di generatore di calore per il riscaldamento degli ambienti:		Caldaia ad acqua calda a bassa temperatura			
11. Combustibile utilizzato:		b. gasolio			
12. Infissi (compilare solo se l'intervento riguarda il comma 345b):					
Tipologia di telaio esistente prima dell'intervento	Tipologia di vetro esistente prima dell'intervento	Superficie complessiva di telaio e vetro oggetto dell'intervento [mq.]	Tipologia di telaio esistente dopo dell'intervento	Tipologia di vetro esistente dopo dell'intervento	Trasmittanza del nuovo infisso [W/mq.K]
Legno	Singolo	25	PVC	Singolo	1
* AVVISO. Si consiglia di verificare la trasmittanza del nuovo infisso con i valori limite riportati nell'allegato B al DM 11/3/08 disponibile sul nostro sito di informazione http://efficienzaenergetica.acs.enea.it					
Totale generale dei dati tecnici/finanziari del risparmio energetico:					
13. Risparmio energetico stimato [kWh] (calcolo automatico)		7086			
14. Costo dell'intervento di qualificazione energetica al netto delle spese professionali [Euro]		6565			
15. Costo delle spese professionali [Euro]		656			
16. Detrazione fiscale (a cura del contribuente: 55% per le spese sostenute prima del 06.06.2013 e 65% per le spese successive)		45			
Date e Firme:					
17. Data Inizio dei lavori (gg/mm/aaaa)		22/11/2014			
*18. Data ultimazione dei lavori (Collaudo) (gg/mm/aaaa)		23/12/2014			
19. Data compilazione (gg/mm/aaaa)		16/04/2015			
Firma del richiedente					
Stampa					
(Il documento originale cartaceo, da conservare e da esibire a richiesta dell'Agenzia delle Entrate, deve riportare la firma del richiedente)					

Figura 38: DOCUMENTI NECESSARI ALL'ACCESSO AL BENEFICIO FISCALE DEL 65%: ALLEGATO F (fonte: <http://finanziaria2014.enea.it>)

I principali parametri di riferimento desumibili dagli allegati appena descritti, su cui si è focalizzata l'analisi dell'Università La Sapienza, sono i seguenti:

- FABBISOGNO ENERGETICO POST INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA (FEP post): consumo energetico in energia primaria riferito alla situazione post-intervento. Tale indicatore si

- desume direttamente da quanto indicato dai beneficiari all'interno dell'allegato A, laddove presente.
- b) **FABBISOGNO ENERGETICO ANTE INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA (FEP pre):** consumo energetico in energia primaria riferito alla situazione pre-intervento. Per ottenere tale parametro si fa riferimento al valore di FEP post nell'allegato A e a questo si somma il valore di Risparmio energetico dichiarato direttamente dai beneficiari all'interno dell'allegato E.
 - c) **INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (Ipe)**
 - d) **RISPARMIO ENERGETICO IN ENERGIA PRIMARIA (R kWh/anno):** dichiarato direttamente dai beneficiari, e presente tanto negli allegati E tanto negli allegati F, è da considerare una delle informazioni più significative di tutto l'intero database.
 - e) **RISPARMIO ENERGETICO IN ENERGIA PRIMARIA NORMALIZZATO (R kWh/mq anno)**
 - f) **INVESTIMENTI (INTERVENTO RIQUALIFICAZIONE+SPESE PROFESSIONALI) (Ctot)**
 - g) **INVESTIMENTI SPESE PROFESSIONALI (Cprof)**
 - h) **INVESTIMENTI INTERVENTO (Criq)**
 - i) **Valore detrazione (DET)**
 - j) **Superficie utile (Su)**
 - k) **Superficie infissi (Sinf)**
 - l) **Risparmio al m2 di infissi (Rsinf)**

Gli schemi predisposti e su riportati contengono tutte le informazioni tecnico-economiche necessarie a descrivere un intervento di riqualificazione energetica, così come definito dal contesto normativo. Ogni tipologia di comma corrisponde univocamente all'adozione di uno specifico mix di allegati da inviare ad ENEA. La maggiore quantità di informazioni è prevista per gli interventi che afferiscono all'involucro edilizio opaco (commi 344 o 345A) mentre invece il minor livello di dettaglio è richiesto per interventi di semplice sostituzione di infissi (comma 345B) o sostituzione di impianti termici (comma 347). Per maggiore dettaglio, si suggerisce di far riferimento allo schema seguente (Figura 35).

COMMA	ALLEGATO A	ALLEGATO E	ALLEGATO F
344	SI	SI	NO
345A	SI	SI	NO
345B	NO	NO	SI
346	NO	NO	SI
347	NO	SI	NO

Figura 39: SCHEMA RELATIVO AGLI ALLEGATI DA TRASMETTERE IN FUNZIONE DEL COMMA DI RIFERIMENTO. QUADRO NORMATIVO RELATIVO AL QUADRO NORMATIVO IN VIGORE PER L'ANNO FISCALE 2014.

Per ogni singolo beneficiario e per ogni singolo intervento, nella valutazione dei risultati è necessario definire la compatibilità tra i commi attivati e la cumulabilità del valore massimale di detrazione. Sono infatti compatibili tra loro solo alcune tipologie di intervento e, soprattutto, non tutte le tipologie di intervento effettuato prevedono la possibilità di cumulare il valore massimale di detrazione previsto. Per semplicità di lettura, seguono due specifici schemi sintetici (Figure 36 e 37).

COMMA	344	345A	345B	346	347
344		non compatibile	non compatibile	compatibile	non compatibile
345A	non compatibile		compatibile	compatibile	compatibile
345B	non compatibile	compatibile		compatibile	compatibile
346	compatibile	compatibile	compatibile		compatibile
347	non compatibile	compatibile	compatibile	compatibile	

Figura 40: SCHEMA RELATIVO ALLA COMPATIBILITA' PREVISTA TRA GLI INTERVENTI ATTIVATI DAI DIVERSI COMMI. QUADRO NORMATIVO RELATIVO AL QUADRO NORMATIVO IN VIGORE PER L'ANNO FISCALE 2014.

COMMA	344	345A	345B	346	347
344		non cumulabile	non cumulabile	cumulabile	non cumulabile
345A	non cumulabile		non cumulabile	cumulabile	cumulabile
345B	non cumulabile	non cumulabile		cumulabile	cumulabile
346	cumulabile	cumulabile	cumulabile		cumulabile
347	non cumulabile	cumulabile	cumulabile	cumulabile	

Figura 41: SCHEMA RELATIVO ALLA CUMULABILITA' DEL VALORE MASSIMALE DI DETRAZIONE PREVISTO PER GLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA. QUADRO NORMATIVO RELATIVO AL QUADRO NORMATIVO IN VIGORE PER L'ANNO FISCALE 2014.

10.2 Parametri e vincoli

Ogni tipologia di intervento, in funzione di quanto richiesto specificamente dal quadro normativo, risulta caratterizzato da una serie di regole logiche di compilazione degli allegati, di seguito elencate e trasmesse all'Università La Sapienza per la messa a punto della metodologia:

COMMA 344

- $DET \leq 65\% Ctot$;
- $DET > 0$;
- $Ctot > 0$;
- $R \text{ kWh/anno} > 0$
- $DET < C_{riq}$.
- $FEP_{post} = Ipe * Su$ (essendo tale relazione logica desumibile dalla definizione di Indice di prestazione energetica di cui al D.Lgs.192/05 e smi)
- $Ipe < 94$ (essendo tale valore il valore massimo desumibile dalla tabella dei valori limite – DM 26.01.2010 Allegato A)

COMMA 345A (interventi riqualificazione involucro edilizio opaco)

- $DET \leq 65\% Ctot$;
- $DET > 0$;
- $Ctot > 0$;
- $R \text{ kWh/anno} > 0$
- $DET < C_{riq}$.
- $FEP_{post} = Ipe * Su$ (essendo tale relazione logica desumibile dalla definizione di Indice di prestazione energetica di cui al D.Lgs.192/05 e smi)
- PER LE SOLE STRUTTURE OPACHE VERTICALI valore di trasmittanza $U < 0.54$ (essendo tale valore il valore massimo desumibile dalla tabella dei valori limite – DM 26.01.2010 Allegato B)

- PER LE SOLE COPERTURE valore di trasmittanza post intervento $U < 0.32$ (essendo tale valore il valore massimo desumibile dalla tabella dei valori limite – DM 26.01.2010 Allegato B)
- PER I SOLI PAVIMENTI valore di trasmittanza post intervento $U < 0.60$ (essendo tale valore il valore massimo desumibile dalla tabella dei valori limite – DM 26.01.2010 Allegato B)
- PER I SOLI INFISSI: valore di trasmittanza $U_w < 3,7$ (essendo tale valore il valore massimo desumibile dalla tabella dei valori limite – DM 26.01.2010 Allegato B)

COMMA 345B (sostituzione infissi)

- $DET \leq 65\% C_{tot}$;
- $DET > 0$;
- $C_{tot} > 0$;
- $R \text{ kWh/anno} > 0$
- $DET < C_{riq}$.
- valore di trasmittanza $U_w < 3,7$ (essendo tale valore il valore massimo desumibile dalla tabella dei valori limite – DM 26.01.2010 Allegato B)
- $S_{inf} < 1/8$ superficie utile appartamento (in congruenza con i vigenti regolamenti edilizi comunali; laddove tale regola non fosse rispettata, sarà necessario imporre $R \text{ kWh/anno} = S_{inf} * R_{sinf}$)
- $S_{inf} > 0$

COMMA 346

- $DET \leq 65\% C_{tot}$;
- $DET > 0$;
- $C_{tot} > 0$;
- $R \text{ kWh/anno} > 0$
- $DET < C_{riq}$.

COMMA 347

- $DET \leq 65\% C_{tot}$;
- $DET > 0$;
- $C_{tot} > 0$;
- $R \text{ kWh/anno} > 0$
- $DET < C_{riq}$.

10.3 Analisi dei risultati

L'applicazione della metodologia statistica ai dati degli interventi incentivati nel 2014 ha fornito stime di investimenti e risparmi energetici del tutto in linea con quelle fornite a livello più aggregato per gli anni precedenti. In particolare, gli investimenti complessivi sfiorano i 3 miliardi di euro, per un totale di 1.200 GWh/anno di risparmi energetici conseguiti (Tabella 75): oltre 1,3 miliardi di euro di investimenti sono relativi al comma 345b, dedicato alla sostituzione di infissi.

Tabella 75 – Investimenti (M€) e risparmi di energia primaria (GWh/anno) per tipologia di intervento incentivato e regione, anno 2014

Regione	Comma 344		Comma 345a		Comma 345b	
	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)
Piemonte	27,8	12,1	74,7	38,3	189,8	77,8
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	2,1	1,3	4,7	2,4	6,7	2,5
Lombardia	61,9	22,3	186,8	77,4	343,2	119,9
Trentino-Alto Adige/Südtirol	18,7	8,1	48,7	17,2	45,4	12,7
Veneto	49,7	16,2	115,1	50,9	126,9	46,9
Friuli-Venezia Giulia	8,6	3,1	30,9	12,9	41,9	13,8
Liguria	4,3	1,6	27,6	8,0	57,0	15,2
Emilia-Romagna	32,0	16,0	89,7	41,8	134,0	50,2
Toscana	18,7	7,9	52,4	18,4	54,2	16,4
Umbria	3,7	2,1	7,2	2,8	11,3	4,1
Marche	7,4	2,9	22,4	8,0	29,0	9,9
Lazio	12,3	6,4	14,4	5,6	104,5	28,7
Abruzzo	3,2	1,0	6,9	2,6	17,7	5,9
Molise	1,0	0,5	1,0	0,5	5,0	1,6
Campania	7,3	2,7	10,8	3,2	42,7	10,1
Puglia	6,0	1,7	9,6	3,3	46,2	11,9
Basilicata	1,0	0,5	3,4	1,3	8,7	3,0
Calabria	1,9	0,7	5,0	1,7	9,1	2,7
Sicilia	6,1	2,1	8,2	2,7	31,1	8,4
Sardegna	3,4	1,4	5,9	1,9	17,6	4,5
ITALIA	277,2	110,7	725,4	301,0	1.321,9	446,5
Regione	Comma 346		Comma 347		TOTALE	
	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)
Piemonte	12,2	8,2	96,5	60,6	401,0	197,0
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,9	0,5	3,2	1,7	17,7	8,4
Lombardia	13,2	8,9	157,2	80,0	762,2	308,5
Trentino-Alto Adige/Südtirol	5,9	4,4	21,3	8,0	140,0	50,4
Veneto	14,1	9,2	57,3	22,0	363,2	145,2
Friuli-Venezia Giulia	3,7	2,3	24,0	10,3	109,0	42,5
Liguria	1,9	1,5	35,5	22,8	126,3	49,2
Emilia-Romagna	9,1	6,8	61,5	25,3	326,2	140,0
Toscana	5,8	4,1	31,7	12,2	162,7	59,0
Umbria	1,8	1,4	6,2	2,9	30,2	13,3
Marche	2,9	2,1	12,7	4,6	74,4	27,4
Lazio	2,9	2,9	24,9	12,9	159,0	56,4
Abruzzo	1,1	0,9	4,6	2,0	33,5	12,4
Molise	0,2	0,2	1,5	0,7	8,8	3,4
Campania	1,8	2,1	7,7	2,7	70,3	20,9
Puglia	1,8	2,4	10,0	3,7	73,6	22,9
Basilicata	0,4	0,4	1,7	0,7	15,2	5,9
Calabria	0,9	1,2	3,0	1,3	19,9	7,6
Sicilia	1,9	3,0	8,4	3,1	55,9	19,3
Sardegna	2,6	2,7	6,5	2,6	35,9	13,1
ITALIA	85,2	64,9	575,4	279,9	2.985,1	1.203,0

Fonte: ENEA

Si riporta in appendice il quadro provinciale (Tabella B.1).

Coerentemente con le tipologie di edificio considerate nelle sezioni precedenti del rapporto, per ciascuna tipologia di intervento, si riportano i risultati di dettaglio, scomponendo per età di costruzione (ante 1950, 1950-1969, 1970-1989, dal 1990 in poi) e tipologia dell'edificio (abitazione isolata, edificio multipiano, altro) oggetto di intervento, ove possibile.

Comma 344

La Tabella 76 sintetizza i risultati per tipologia di intervento: predominante l'apporto degli interventi multipli.

Tabella 76: Comma 344, investimenti attivati (M€) e risparmio di energia primaria conseguito (GWh/anno) per regione e tipologia di intervento, anno 2014

Regione	Intervento multiplo		Intervento singolo - climatizzazione invernale		Intervento singolo - altra tipologia		Totale	
	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)
Piemonte	23,15	8,32	3,50	3,21	1,20	0,61	27,85	12,14
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	1,59	0,90	0,49	0,37	0,03	0,02	2,12	1,28
Lombardia	58,13	19,49	1,88	1,98	1,85	0,83	61,87	22,30
Trentino-Alto Adige/Südtirol	15,22	6,05	2,89	1,89	0,62	0,12	18,73	8,06
Veneto	44,00	12,86	3,57	2,77	2,17	0,61	49,74	16,25
Friuli-Venezia Giulia	7,32	2,29	0,86	0,79	0,38	0,04	8,57	3,12
Liguria	3,59	1,08	0,35	0,35	0,38	0,20	4,32	1,63
Emilia-Romagna	26,74	8,84	5,05	6,99	0,23	0,17	32,03	16,00
Toscana	15,04	5,29	2,69	2,34	0,97	0,29	18,71	7,92
Umbria	2,31	0,69	0,98	1,30	0,44	0,10	3,73	2,09
Marche	6,14	1,67	0,94	1,10	0,30	0,09	7,39	2,86
Lazio	9,01	2,73	2,21	3,42	1,05	0,22	12,28	6,38
Abruzzo	2,59	0,63	0,26	0,23	0,32	0,11	3,17	0,97
Molise	0,93	0,45	0,05	0,02	0,01	0,00	0,99	0,47
Campania	5,46	1,42	1,05	1,07	0,75	0,24	7,26	2,73
Puglia	5,30	1,18	0,51	0,43	0,22	0,08	6,03	1,69
Basilicata	0,50	0,20	0,26	0,20	0,21	0,08	0,97	0,48
Calabria	1,50	0,32	0,34	0,38	0,10	0,03	1,94	0,73
Sicilia	5,40	1,46	0,42	0,53	0,31	0,15	6,13	2,14
Sardegna	2,59	0,56	0,68	0,79	0,13	0,09	3,40	1,44
ITALIA	236,54	76,41	29,01	30,16	11,68	4,10	277,23	110,67

Fonte: ENEA

Le tabelle seguenti riassumono gli investimenti attivati ed i risparmi conseguiti per tipologia di edificio.

Tabella 77 – Investimenti (M€) attivati da interventi previsti dal comma 344, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 - Abitazione isolata	Ante 1950 - Edificio multipiano	1950-1969 - Abitazione isolata	1950-1969 - Edificio multipiano	1970-1989 - Abitazione isolata	1970-1989 - Edificio multipiano	Post 1989 - Abitazione isolata	Post 1989 - Edificio multipiano	altro	Totale
Piemonte	7,19	2,94	5,48	1,39	4,24	0,84	1,49	0,60	3,68	27,85
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,68	0,10	0,36	0,11	0,61	0,04	0,09	0,07	0,04	2,12
Lombardia	7,11	5,94	14,22	4,03	12,97	3,58	4,15	2,64	7,23	61,87
Trentino-Alto Adige/Südtirol	2,84	0,98	3,29	0,88	4,70	1,41	1,63	1,19	1,82	18,73
Veneto	7,05	5,07	10,49	3,70	9,33	2,47	4,92	2,09	4,61	49,74
Friuli-Venezia Giulia	1,07	0,42	2,21	0,28	2,34	0,16	0,68	0,74	0,67	8,57
Liguria	1,34	0,55	0,61	0,17	0,66	0,36	0,23	0,09	0,32	4,32
Emilia-Romagna	4,68	1,09	8,11	3,41	6,00	1,80	3,20	0,28	3,44	32,03
Toscana	4,12	1,56	3,88	1,16	2,36	0,66	1,83	0,30	2,82	18,71
Umbria	0,83	0,18	0,47	0,10	1,33	0,34	0,19	0,05	0,24	3,73
Marche	1,61	0,38	2,04	0,25	0,51	0,37	0,85	0,05	1,32	7,39
Lazio	0,61	0,50	2,62	0,96	3,36	1,11	1,61	0,57	0,93	12,28
Abruzzo	0,08	0,01	0,60	0,47	0,92	0,15	0,16	0,32	0,46	3,17
Molise	0,42	0,00	0,01	0,00	0,35	0,06	0,10	0,01	0,03	0,99
Campania	0,38	0,20	0,45	0,72	1,49	1,01	1,20	1,19	0,61	7,26
Puglia	0,37	0,72	0,80	0,88	1,27	0,56	0,53	0,11	0,79	6,03
Basilicata	0,09	0,01	0,05	0,02	0,26	0,15	0,20	0,16	0,03	0,97
Calabria	0,29	0,03	0,19	0,36	0,20	0,35	0,19	0,14	0,20	1,94
Sicilia	1,32	0,79	0,49	0,63	1,18	0,58	0,43	0,20	0,52	6,13
Sardegna	0,34	0,23	0,29	0,57	0,41	0,48	0,41	0,20	0,49	3,40
ITALIA	42,41	21,71	56,65	20,10	54,50	16,49	24,11	11,01	30,26	277,23

Fonte: ENEA

Tabella 78 – Risparmi energetici di energia primaria conseguiti (GWh/anno) attivati da interventi previsti dal comma 344, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 - Abitazione isolata	Ante 1950 - Edificio multipiano	1950-1969 - Abitazione isolata	1950-1969 - Edificio multipiano	1970-1989 - Abitazione isolata	1970-1989 - Edificio multipiano	Post 1989 - Abitazione isolata	Post 1989 - Edificio multipiano	altro	Totale
Piemonte	3,15	1,16	2,02	0,84	2,07	0,52	0,74	0,25	1,37	12,14
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,45	0,07	0,24	0,10	0,25	0,05	0,05	0,05	0,02	1,28
Lombardia	2,63	2,09	4,74	1,44	4,00	1,30	1,27	1,12	3,70	22,30
Trentino-Alto Adige/Südtirol	1,02	0,41	1,90	0,24	1,91	0,60	0,71	0,39	0,87	8,06
Veneto	2,34	1,36	3,91	1,05	3,33	0,63	1,60	0,80	1,23	16,25
Friuli-Venezia Giulia	0,44	0,18	0,79	0,06	0,95	0,06	0,24	0,26	0,13	3,12
Liguria	0,59	0,18	0,17	0,04	0,22	0,13	0,14	0,04	0,12	1,63
Emilia-Romagna	2,01	0,23	2,96	5,30	2,43	0,77	1,07	0,10	1,13	16,00
Toscana	1,95	0,61	1,58	0,39	1,01	0,25	0,88	0,11	1,14	7,92
Umbria	0,46	0,10	0,26	0,04	0,70	0,14	0,20	0,04	0,14	2,09
Marche	0,63	0,09	0,80	0,06	0,23	0,20	0,35	0,02	0,49	2,86
Lazio	0,39	0,25	1,22	0,49	1,76	0,37	1,25	0,26	0,39	6,38
Abruzzo	0,03	0,00	0,21	0,08	0,28	0,05	0,11	0,08	0,14	0,97
Molise	0,20	0,00	0,00	0,00	0,18	0,03	0,04	0,01	0,01	0,47
Campania	0,19	0,06	0,20	0,19	0,53	0,55	0,47	0,33	0,21	2,73
Puglia	0,13	0,20	0,16	0,22	0,44	0,16	0,18	0,04	0,16	1,69
Basilicata	0,03	0,01	0,02	0,02	0,11	0,12	0,10	0,06	0,01	0,48
Calabria	0,08	0,01	0,05	0,08	0,10	0,11	0,14	0,10	0,06	0,73
Sicilia	0,33	0,25	0,20	0,23	0,38	0,21	0,24	0,11	0,19	2,14
Sardegna	0,14	0,07	0,16	0,14	0,26	0,14	0,27	0,13	0,13	1,44
ITALIA	17,19	7,34	21,60	11,02	21,14	6,40	10,06	4,28	11,63	110,67

Fonte: ENEA

Per esigenze di spazio non si riporta il dettaglio provinciale, disponibile per età e tipologia di edificio anche per singola tipologia di intervento incentivata (intervento multiplo, intervento singolo – climatizzazione invernale, intervento singolo – altro).

Comma 345a

La Tabella 79 sintetizza i risultati per tipologia di intervento: predominante anche in questo caso l’apporto degli interventi multipli.

Tabella 79: Comma 345a, investimenti attivati (M€) e risparmio di energia primaria conseguito (GWh/anno) per regione e tipologia di intervento, anno 2014

Regione	Pareti verticali		Pareti orizzontali e inclinate		Infissi		Intervento multiplo		Totale	
	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio
Piemonte	8,59	5,65	27,20	13,71	0,50	0,21	38,42	18,75	74,72	38,32
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	1,21	0,82	0,95	0,33	0,01	0,00	2,55	1,26	4,71	2,40
Lombardia	39,75	17,77	49,73	19,93	0,94	0,38	96,34	39,36	186,77	77,43
Trentino-Alto Adige/Südtirol	6,89	3,18	7,19	2,25	0,57	0,12	34,08	11,66	48,73	17,21
Veneto	23,88	12,58	29,20	14,22	0,58	0,14	61,44	23,95	115,10	50,89
Friuli-Venezia Giulia	7,37	3,51	7,00	2,61	0,16	0,04	16,32	6,79	30,85	12,95
Liguria	3,42	1,42	15,74	3,85	0,06	0,02	8,42	2,73	27,64	8,02
Emilia-Romagna	19,00	10,69	24,06	11,07	0,67	0,53	45,94	19,52	89,66	41,81
Toscana	4,56	1,89	28,09	10,03	0,31	0,07	19,43	6,46	52,39	18,45
Umbria	1,33	0,65	2,99	1,04	0,05	0,04	2,80	1,10	7,15	2,83
Marche	3,46	1,40	4,99	1,88	0,16	0,04	13,80	4,65	22,42	7,96
Lazio	1,90	0,98	5,34	1,92	0,29	0,05	6,90	2,69	14,44	5,64
Abruzzo	1,34	0,58	1,43	0,56	0,02	0,00	4,16	1,44	6,95	2,58
Molise	0,41	0,28	0,06	0,03	0,02	0,00	0,53	0,21	1,03	0,51
Campania	1,81	0,83	2,72	0,89	0,31	0,04	5,95	1,48	10,79	3,24
Puglia	1,98	0,86	1,65	0,50	0,08	0,02	5,84	1,91	9,55	3,28
Basilicata	1,23	0,54	0,74	0,25	0,04	0,01	1,44	0,52	3,45	1,31
Calabria	0,98	0,36	1,20	0,44	0,03	0,01	2,75	0,86	4,96	1,67
Sicilia	0,97	0,32	1,34	0,55	0,11	0,02	5,78	1,77	8,21	2,66
Sardegna	1,23	0,40	1,10	0,38	0,05	0,01	3,51	1,09	5,88	1,88
ITALIA	131,31	64,67	212,73	86,43	4,97	1,74	376,39	148,19	725,40	301,03

Fonte: ENEA

Le tabelle seguenti riassumono gli investimenti attivati ed i risparmi conseguiti per tipologia di edificio.

Tabella 80 – Investimenti (M€) attivati da interventi previsti dal comma 345a, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 - Abitazione isolata	Ante 1950 - Edificio multipiano	1950-1969 - Abitazione isolata	1950-1969 - Edificio multipiano	1970-1989 - Abitazione isolata	1970-1989 - Edificio multipiano	Post 1989 - Abitazione isolata	Post 1989 - Edificio multipiano	altro	Totale
Piemonte	11,00	10,56	10,06	9,57	9,97	8,14	3,17	1,52	10,73	74,72
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,65	0,49	1,12	0,21	1,10	0,90	0,10	0,03	0,10	4,71
Lombardia	10,97	11,29	33,14	15,64	42,50	26,51	8,34	8,92	29,45	186,77
Trentino-Alto Adige/Südtirol	4,12	3,58	10,77	4,31	10,62	7,46	2,62	2,25	3,00	48,73
Veneto	7,79	7,69	24,31	8,03	30,34	11,25	8,51	4,51	12,68	115,10
Friuli-Venezia Giulia	2,74	3,23	6,20	1,86	7,80	3,55	1,69	1,13	2,65	30,85
Liguria	3,24	4,63	3,25	7,93	2,38	3,73	0,67	0,28	1,52	27,64
Emilia-Romagna	7,85	4,43	19,02	7,34	19,96	9,38	3,70	2,21	15,77	89,66
Toscana	6,51	8,34	8,50	4,57	6,51	6,91	1,34	0,94	8,78	52,39
Umbria	0,80	0,43	0,93	0,42	2,00	0,72	0,30	0,13	1,42	7,15
Marche	2,01	1,49	5,43	1,86	5,38	1,82	1,29	0,57	2,57	22,42
Lazio	1,17	1,46	2,41	2,06	3,72	1,23	0,78	0,64	0,96	14,44
Abruzzo	0,41	0,12	1,33	0,37	1,80	0,87	0,65	0,41	0,97	6,95
Molise	0,01	0,00	0,00	0,16	0,44	0,20	0,11	0,02	0,09	1,03

Campania	0,31	0,42	0,86	1,08	3,24	1,56	1,06	0,87	1,39	10,79
Puglia	0,52	0,76	0,72	1,49	1,76	1,80	0,51	0,53	1,46	9,55
Basilicata	0,06	0,10	0,17	0,22	0,83	0,94	0,39	0,24	0,48	3,45
Calabria	0,10	0,42	0,37	0,41	1,34	0,93	0,62	0,36	0,42	4,96
Sicilia	0,66	0,85	1,20	0,98	1,63	1,37	0,61	0,15	0,75	8,21
Sardegna	0,11	0,47	0,48	0,70	1,36	1,09	0,65	0,55	0,47	5,88
ITALIA	61,02	60,78	130,26	69,22	154,69	90,39	37,11	26,26	95,67	725,40

Fonte: ENEA

Tabella 81 – Risparmi energetici di energia primaria conseguiti (GWh/anno) attivati da interventi previsti dal comma 345a, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950	Ante 1950	1950-1969	1950-1969	1970-1989	1970-1989	Post 1989	Post 1989	altro	Totale
	Abitazione e isolata	- Edificio multipiano	Abitazione isolata	- Edificio multipiano	Abitazione isolata	- Edificio multipiano	Abitazione isolata	- Edificio multipiano		
Piemonte	4,69	4,84	5,17	6,13	5,40	4,84	1,47	1,11	4,67	38,32
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,26	0,39	0,64	0,17	0,49	0,39	0,03	0,01	0,03	2,40
Lombardia	4,77	5,13	14,29	6,68	17,26	11,69	3,38	3,40	10,83	77,43
Trentino-Alto Adige/Südtirol	1,51	1,46	3,87	1,44	3,28	3,06	0,85	0,76	0,98	17,21
Veneto	3,40	3,30	11,14	3,71	13,84	5,36	3,17	2,07	4,91	50,89
Friuli-Venezia Giulia	1,06	1,55	2,75	0,91	3,13	1,54	0,57	0,44	1,00	12,95
Liguria	1,00	1,22	0,97	2,11	0,84	1,16	0,26	0,08	0,40	8,02
Emilia-Romagna	3,35	2,21	9,08	3,58	9,48	5,30	1,52	0,87	6,42	41,81
Toscana	2,35	3,03	3,13	1,59	2,35	2,37	0,46	0,37	2,80	18,45
Umbria	0,40	0,14	0,40	0,17	0,67	0,29	0,12	0,08	0,57	2,83
Marche	0,86	0,52	1,81	0,71	1,94	0,83	0,36	0,18	0,74	7,96
Lazio	0,55	0,54	0,94	0,68	1,50	0,52	0,33	0,25	0,33	5,64
Abruzzo	0,18	0,08	0,53	0,13	0,71	0,26	0,24	0,14	0,31	2,58
Molise	0,01	0,00	0,00	0,08	0,19	0,10	0,07	0,02	0,04	0,51
Campania	0,13	0,12	0,24	0,28	1,01	0,48	0,31	0,25	0,41	3,24
Puglia	0,15	0,28	0,19	0,48	0,54	0,67	0,21	0,24	0,50	3,28
Basilicata	0,02	0,03	0,07	0,11	0,33	0,37	0,15	0,09	0,14	1,31
Calabria	0,02	0,10	0,10	0,13	0,43	0,34	0,19	0,21	0,14	1,67
Sicilia	0,17	0,26	0,41	0,27	0,55	0,46	0,16	0,12	0,26	2,66
Sardegna	0,05	0,14	0,17	0,24	0,37	0,38	0,20	0,14	0,19	1,88
ITALIA	24,94	25,34	55,90	29,60	64,30	40,40	14,04	10,83	35,68	301,03

Fonte: ENEA

Per esigenze di spazio non si riporta il dettaglio provinciale, disponibile per età e tipologia di edificio anche per singola tipologia di intervento incentivata.

Comma 345b

La Tabella 82 sintetizza i risultati per tipologia di infisso: gran parte degli investimenti attivati e dei risparmi conseguiti sono da attribuire all'installazione di infissi a bassa emissione.

Tabella 82: Comma 345b, investimenti attivati (M€) e risparmio di energia primaria conseguito (GWh/anno) per regione e tipologia di intervento, anno 2014

Regione	Doppio vetro		Triplo vetro		A bassa emissione		Altro		Totale	
	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio
Piemonte	32,20	13,76	7,70	2,87	144,56	60,10	5,30	1,07	189,767	77,80
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	1,23	0,50	0,88	0,28	4,50	1,76	0,06	0,01	6,665325	2,55
Lombardia	56,88	20,93	13,42	4,14	267,24	93,70	5,64	1,09	343,1886	119,86
Trentino-Alto Adige/Südtirol	6,05	1,80	11,98	3,17	26,80	7,59	0,59	0,13	45,42064	12,69
Veneto	21,51	8,47	10,11	3,42	93,66	34,62	1,66	0,41	126,9421	46,92
Friuli-Venezia Giulia	6,99	2,50	5,20	1,49	29,14	9,72	0,60	0,13	41,92204	13,85
Liguria	11,85	3,19	1,19	0,33	41,00	11,29	2,93	0,39	56,96131	15,20
Emilia-Romagna	22,43	8,42	3,84	1,20	104,16	39,81	3,53	0,76	133,9516	50,19
Toscana	15,16	4,63	1,57	0,42	35,73	11,05	1,72	0,30	54,17519	16,39
Umbria	2,33	0,83	0,23	0,08	8,51	3,18	0,19	0,04	11,26013	4,13

Marche	6,58	2,15	0,89	0,27	20,68	7,34	0,84	0,17	28,99848	9,92
Lazio	26,04	7,23	2,61	0,72	74,73	20,48	1,12	0,23	104,4925	28,67
Abruzzo	5,02	1,62	0,93	0,31	11,57	3,95	0,22	0,06	17,73418	5,94
Molise	1,18	0,39	0,61	0,19	3,14	1,05	0,08	0,02	5,010592	1,65
Campania	13,53	3,13	1,50	0,34	27,37	6,55	0,30	0,07	42,69269	10,09
Puglia	12,81	3,24	1,71	0,43	31,31	8,15	0,39	0,08	46,21801	11,90
Basilicata	2,04	0,69	0,46	0,15	6,10	2,17	0,08	0,02	8,675154	3,03
Calabria	3,59	0,99	0,40	0,13	5,06	1,59	0,05	0,01	9,099499	2,72
Sicilia	8,79	2,36	0,75	0,22	21,18	5,79	0,42	0,09	31,14565	8,44
Sardegna	5,22	1,27	0,42	0,10	11,71	3,11	0,24	0,05	17,58876	4,53
ITALIA	261,42	88,09	66,39	20,26	968,16	333,00	25,94	5,13	1321,909	446,47

Fonte: ENEA

Le tabelle seguenti riassumono gli investimenti attivati ed i risparmi conseguiti per tipologia di edificio.

Tabella 83 – Investimenti (M€) attivati da interventi previsti dal comma 345b, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 - Abitazione isolata	Ante 1950 - Edificio multipiano	1950-1969 - Abitazione isolata	1950-1969 - Edificio multipiano	1970-1989 - Abitazione isolata	1970-1989 - Edificio multipiano	Post 1989 - Abitazione isolata	Post 1989 - Edificio multipiano	altro	Totale
Piemonte	12,27	21,57	17,81	50,84	21,09	45,79	3,50	4,88	12,0	189,77
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,47	0,33	0,53	1,49	0,84	1,95	0,19	0,24	0,63	6,67
Lombardia	10,74	26,98	32,79	73,88	46,53	101,99	8,18	21,05	21,0	343,19
Trentino-Alto Adige/Südtirol	3,22	3,28	5,16	5,97	8,41	12,54	1,69	2,82	2,34	45,42
Veneto	5,43	7,51	18,54	21,88	27,38	30,20	3,89	4,88	7,23	126,94
Friuli-Venezia Giulia	2,21	3,76	6,43	7,45	8,20	9,75	0,93	1,23	1,96	41,92
Liguria	3,35	11,52	2,73	20,76	2,71	11,06	0,45	0,88	3,52	56,96
Emilia-Romagna	6,55	7,69	17,32	32,00	17,40	36,74	2,61	4,57	9,07	133,95
Toscana	3,84	6,71	5,52	14,11	5,14	11,50	0,84	1,44	5,09	54,18
Umbria	0,76	0,54	1,78	1,55	2,63	2,28	0,38	0,29	1,03	11,26
Marche	1,29	1,63	3,82	6,06	5,07	7,13	0,70	0,72	2,58	29,00
Lazio	1,57	11,32	4,92	34,28	9,99	28,35	2,36	3,87	7,84	104,49
Abruzzo	0,76	0,63	1,92	2,97	3,50	4,86	0,61	0,57	1,91	17,73
Molise	0,19	0,30	0,33	0,86	0,89	1,71	0,19	0,16	0,39	5,01
Campania	1,45	3,43	2,60	10,51	6,16	10,14	1,79	2,12	4,49	42,69
Puglia	1,27	2,65	2,01	8,88	4,66	17,28	1,21	3,52	4,73	46,22
Basilicata	0,21	0,52	0,54	1,36	1,13	3,13	0,36	0,39	1,03	8,68
Calabria	0,25	0,50	0,45	1,78	1,54	2,61	0,45	0,60	0,90	9,10
Sicilia	1,18	2,53	1,64	7,04	3,64	9,30	1,10	1,53	3,18	31,15
Sardegna	0,41	0,72	1,24	3,90	3,38	5,03	0,84	0,79	1,28	17,59
ITALIA	57,41	114,12	128,07	307,58	180,29	353,35	32,26	56,56	92,2	1321,9

Fonte: ENEA

Tabella 84 – Risparmi energetici di energia primaria conseguiti (GWh/anno) attivati da interventi previsti dal comma 345b, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 - Abitazione isolata	Ante 1950 - Edificio multipiano	1950-1969 - Abitazione isolata	1950-1969 - Edificio multipiano	1970-1989 - Abitazione isolata	1970-1989 - Edificio multipiano	Post 1989 - Abitazione isolata	Post 1989 - Edificio multipiano	altro	Totale
Piemonte	4,74	8,19	7,18	21,63	8,58	19,43	1,22	1,59	5,24	77,80
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,17	0,13	0,19	0,64	0,32	0,72	0,06	0,08	0,23	2,55
Lombardia	3,65	8,94	11,77	27,65	15,73	35,84	2,42	6,22	7,64	119,86
Trentino-Alto Adige/Südtirol	0,87	0,87	1,57	1,70	2,33	3,47	0,42	0,71	0,74	12,69
Veneto	1,93	2,53	6,87	8,73	10,00	11,21	1,35	1,53	2,78	46,92
Friuli-Venezia Giulia	0,75	1,14	2,15	2,56	2,73	3,21	0,28	0,35	0,68	13,85
Liguria	0,90	3,04	0,76	5,47	0,80	2,88	0,12	0,25	0,97	15,20
Emilia-Romagna	2,44	2,86	6,39	12,51	6,39	13,66	0,85	1,51	3,59	50,19
Toscana	1,07	1,83	1,69	4,50	1,53	3,58	0,25	0,41	1,53	16,39
Umbria	0,26	0,18	0,62	0,59	0,97	0,90	0,12	0,09	0,39	4,13
Marche	0,40	0,47	1,38	2,10	1,72	2,56	0,19	0,21	0,88	9,92
Lazio	0,44	2,89	1,39	9,30	2,97	7,78	0,65	1,04	2,21	28,67

Abruzzo	0,24	0,20	0,60	1,11	1,16	1,66	0,21	0,17	0,60	5,94
Molise	0,07	0,10	0,12	0,29	0,28	0,55	0,07	0,05	0,13	1,65
Campania	0,35	0,78	0,67	2,36	1,56	2,38	0,43	0,50	1,06	10,09
Puglia	0,30	0,63	0,50	2,27	1,19	4,52	0,33	0,91	1,26	11,90
Basilicata	0,05	0,18	0,16	0,55	0,39	1,12	0,12	0,13	0,33	3,03
Calabria	0,09	0,13	0,13	0,53	0,47	0,81	0,14	0,18	0,24	2,72
Sicilia	0,32	0,61	0,42	1,75	1,03	2,64	0,32	0,48	0,86	8,44
Sardegna	0,10	0,16	0,31	1,02	0,92	1,28	0,22	0,20	0,30	4,53
ITALIA	19,16	35,87	44,89	107,27	61,06	120,20	9,76	16,60	31,67	446,47

Fonte: ENEA

Per esigenze di spazio non si riporta il dettaglio provinciale, disponibile per età e tipologia di edificio anche per singola tipologia di infisso.

Comma 346

La Tabella 85 sintetizza i risultati per tipologia di impianto installato: predominante il contributo derivante da impianto con acqua calda dal pannello utilizzata soltanto per usi igienico-sanitari.

Tabella 85: Comma 346, investimenti attivati (M€) e risparmio di energia primaria conseguito (GWh/anno) per regione e tipologia di intervento, anno 2014

Regione	Acqua calda dal pannello utilizzata per impianto di riscaldamento e per usi igienico-sanitari		Acqua calda dal pannello utilizzata per impianto di riscaldamento e non per usi igienico-sanitari		Acqua calda dal pannello utilizzata non per impianto di riscaldamento e per usi igienico-sanitari		Acqua calda dal pannello utilizzata non per impianto di riscaldamento e non per usi igienico-sanitari		Totale	
	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio
Piemonte	2,79	1,95	0,07	0,04	9,10	6,10	0,24	0,07	12,19	8,17
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,37	0,24	0,00	0,00	0,56	0,30	0,01	0,01	0,94	0,55
Lombardia	2,64	1,69	0,08	0,05	10,44	7,16	0,03	0,03	13,18	8,93
Trentino-Alto Adige/Südtirol	1,39	1,15	0,01	0,01	4,44	3,27	0,03	0,01	5,86	4,44
Veneto	3,26	2,20	0,03	0,03	10,83	6,98	0,01	0,01	14,14	9,23
Friuli-Venezia Giulia	0,60	0,38	0,00	0,00	3,07	1,93	0,00	0,00	3,68	2,31
Liguria	0,47	0,35	0,00	0,00	1,43	1,14	0,01	0,02	1,90	1,51
Emilia-Romagna	1,73	1,22	0,07	0,08	7,30	5,41	0,01	0,05	9,12	6,76
Toscana	1,23	0,94	0,01	0,00	4,54	3,04	0,02	0,08	5,80	4,06
Umbria	0,29	0,23	0,00	0,00	1,54	1,13	0,00	0,00	1,83	1,36
Marche	0,79	0,57	0,02	0,01	2,13	1,47	0,00	0,00	2,94	2,05
Lazio	0,48	0,46	0,02	0,03	2,35	2,25	0,06	0,15	2,92	2,89
Abruzzo	0,33	0,26	0,00	0,00	0,71	0,58	0,03	0,01	1,07	0,86
Molise	0,06	0,04	0,00	0,00	0,14	0,12	0,00	0,00	0,20	0,16
Campania	0,29	0,30	0,00	0,00	1,47	1,71	0,06	0,06	1,82	2,08
Puglia	0,27	0,32	0,01	0,01	1,52	2,06	0,00	0,00	1,80	2,39
Basilicata	0,13	0,14	0,00	0,00	0,25	0,24	0,00	0,00	0,38	0,37
Calabria	0,09	0,11	0,00	0,00	0,78	0,95	0,03	0,11	0,89	1,17
Sicilia	0,30	0,42	0,00	0,01	1,61	2,48	0,04	0,08	1,95	2,98
Sardegna	0,42	0,41	0,01	0,01	2,15	2,24	0,01	0,02	2,58	2,68
ITALIA	17,92	13,37	0,34	0,28	66,35	50,57	0,59	0,70	85,20	64,92

Fonte: ENEA

Le tabelle seguenti riassumono gli investimenti attivati ed i risparmi conseguiti per tipologia di edificio.

Tabella 86 – Investimenti (M€) attivati da interventi previsti dal comma 346, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 -	Ante 1950 -	1950-1969	1950-1969 -	1970-1989	1970-1989 -	Post 1989 -	Post 1989 -	altro	Totale
	Abitazione isolata	Edificio multipiano								
Piemonte	2,05	1,09	1,89	0,44	2,75	0,68	1,60	0,51	1,20	12,19
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,10	0,05	0,14	0,05	0,21	0,10	0,20	0,04	0,04	0,94
Lombardia	0,91	0,58	2,39	0,75	3,84	0,92	2,13	0,66	1,01	13,18
Trentino-Alto Adige/Südtirol	0,61	0,54	0,79	0,24	1,41	0,39	1,10	0,51	0,28	5,86
Veneto	0,98	0,42	2,36	0,43	4,95	0,75	3,00	0,76	0,48	14,14
Friuli-Venezia Giulia	0,24	0,20	0,65	0,11	1,23	0,28	0,69	0,16	0,11	3,68
Liguria	0,42	0,14	0,19	0,15	0,37	0,16	0,27	0,04	0,17	1,90
Emilia-Romagna	0,84	0,23	1,87	0,34	2,76	0,80	1,14	0,45	0,69	9,12
Toscana	1,07	0,46	0,92	0,27	1,08	0,41	0,70	0,29	0,59	5,80
Umbria	0,14	0,01	0,29	0,04	0,60	0,10	0,34	0,09	0,22	1,83
Marche	0,31	0,06	0,38	0,09	0,76	0,19	0,60	0,19	0,34	2,94
Lazio	0,14	0,14	0,30	0,11	0,82	0,27	0,59	0,29	0,25	2,92
Abruzzo	0,03	0,00	0,13	0,03	0,18	0,06	0,35	0,11	0,17	1,07
Molise	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,07	0,02	0,04	0,20
Campania	0,07	0,07	0,18	0,10	0,53	0,21	0,32	0,12	0,24	1,82
Puglia	0,14	0,10	0,17	0,06	0,39	0,18	0,36	0,19	0,21	1,80
Basilicata	0,01	0,00	0,03	0,01	0,11	0,03	0,15	0,03	0,02	0,38
Calabria	0,02	0,03	0,02	0,02	0,19	0,09	0,28	0,13	0,11	0,89
Sicilia	0,15	0,10	0,19	0,06	0,37	0,22	0,43	0,15	0,27	1,95
Sardegna	0,02	0,02	0,10	0,09	0,65	0,38	0,76	0,37	0,19	2,58
ITALIA	8,25	4,27	13,01	3,41	23,25	6,22	15,07	5,11	6,61	85,20

Fonte: ENEA

Tabella 87 – Risparmi energetici di energia primaria conseguiti (GWh/anno) attivati da interventi previsti dal comma 346, per tipologia di edificio e regione, anno 2014

Regione	Ante 1950 -	Ante 1950 -	1950-1969	1950-1969 -	1970-1989	1970-1989 -	Post 1989 -	Post 1989 -	altro	Totale
	Abitazione isolata	Edificio multipiano								
Piemonte	1,44	0,75	1,31	0,34	1,78	0,48	0,99	0,32	0,75	8,17
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	0,06	0,04	0,08	0,03	0,12	0,06	0,11	0,02	0,02	0,55
Lombardia	0,58	0,41	1,51	1,02	2,40	0,59	1,34	0,43	0,63	8,93
Trentino-Alto Adige/Südtirol	0,49	0,36	0,64	0,18	1,04	0,31	0,74	0,48	0,20	4,44
Veneto	0,64	0,27	1,52	0,26	3,22	0,51	2,01	0,47	0,32	9,23
Friuli-Venezia Giulia	0,16	0,14	0,42	0,09	0,75	0,17	0,43	0,10	0,06	2,31
Liguria	0,31	0,15	0,15	0,12	0,34	0,09	0,20	0,02	0,12	1,51
Emilia-Romagna	0,62	0,19	1,44	0,24	2,08	0,63	0,75	0,32	0,50	6,76
Toscana	0,77	0,31	0,66	0,17	0,76	0,27	0,52	0,19	0,41	4,06
Umbria	0,10	0,01	0,19	0,04	0,45	0,07	0,27	0,06	0,17	1,36
Marche	0,21	0,05	0,27	0,08	0,54	0,13	0,41	0,14	0,23	2,05
Lazio	0,12	0,09	0,29	0,09	0,87	0,23	0,61	0,35	0,24	2,89
Abruzzo	0,04	0,00	0,09	0,05	0,16	0,04	0,24	0,10	0,14	0,86
Molise	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,07	0,01	0,02	0,16
Campania	0,11	0,06	0,23	0,12	0,58	0,20	0,39	0,13	0,26	2,08
Puglia	0,13	0,10	0,22	0,08	0,54	0,25	0,52	0,24	0,31	2,39
Basilicata	0,01	0,00	0,03	0,01	0,11	0,03	0,16	0,02	0,01	0,37
Calabria	0,03	0,03	0,04	0,03	0,26	0,11	0,39	0,15	0,12	1,17
Sicilia	0,20	0,12	0,26	0,09	0,65	0,31	0,61	0,25	0,48	2,98
Sardegna	0,02	0,02	0,10	0,08	0,67	0,38	0,80	0,40	0,19	2,68
ITALIA	6,03	3,11	9,46	3,13	17,34	4,86	11,58	4,21	5,20	64,92

Fonte: ENEA

Per esigenze di spazio non si riporta il dettaglio provinciale, disponibile per età e tipologia di edificio anche per singola tipologia di impianto installato.

Comma 347

Per l'incentivazione degli interventi all'interno di questo comma, i richiedenti non devono fornire dati e informazioni circa l'età e la tipologia di edificio. La Tabella 88 sintetizza i risultati per tipologia di impianto installato: gran parte degli investimenti attivati e dei risparmi conseguiti sono da attribuire all'installazione di caldaie a condensazione.

Tabella 88: Comma 346, investimenti attivati (M€) e risparmio di energia primaria conseguito (GWh/anno) per regione e tipologia di intervento, anno 2014

Regione	Caldaia a condensazione		Pompa di calore		Impianto geotermico		Altro		Scaldacqua a pompa di calore		TOTALE	
	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio	Investimenti	Risparmio
Piemonte	90,53	58,23	4,24	1,38	0,47	0,30	1,15	0,65	0,08	0,05	96,46	60,60
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	3,09	1,61	0,05	0,01	0,04	0,02	0,06	0,02	0,00	0,00	3,24	1,66
Lombardia	145,56	75,77	9,76	3,20	0,71	0,31	0,94	0,60	0,26	0,11	157,24	79,98
Trentino-Alto Adige/Südtirol	19,59	7,40	1,17	0,48	0,05	0,03	0,39	0,11	0,06	0,03	21,26	8,04
Veneto	48,28	18,92	7,79	2,61	0,40	0,10	0,55	0,22	0,28	0,10	57,30	21,95
Friuli-Venezia Giulia	22,30	9,73	1,44	0,49	0,04	0,04	0,10	0,02	0,10	0,04	23,99	10,32
Liguria	33,08	21,98	2,09	0,73	0,10	0,02	0,25	0,10	0,01	0,00	35,53	22,83
Emilia-Romagna	53,67	22,04	6,79	2,90	0,28	0,10	0,60	0,18	0,16	0,05	61,49	25,28
Toscana	25,09	9,58	5,63	1,99	0,18	0,39	0,74	0,17	0,03	0,01	31,67	12,15
Umbria	4,59	2,24	1,36	0,56	0,03	0,05	0,20	0,04	0,01	0,00	6,19	2,89
Marche	10,11	3,74	2,11	0,72	0,05	0,01	0,36	0,09	0,06	0,03	12,69	4,58
Lazio	20,14	11,08	3,90	1,55	0,05	0,01	0,77	0,20	0,03	0,01	24,89	12,86
Abruzzo	3,42	1,61	1,00	0,38	0,00	0,00	0,18	0,04	0,01	0,00	4,61	2,04
Molise	1,25	0,58	0,19	0,06	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	1,52	0,66
Campania	4,12	1,53	2,72	0,90	0,05	0,06	0,80	0,22	0,02	0,01	7,71	2,71
Puglia	6,67	2,55	2,51	0,82	0,09	0,04	0,71	0,25	0,01	0,01	10,00	3,66
Basilicata	1,16	0,44	0,38	0,18	0,00	0,00	0,15	0,05	0,00	0,00	1,70	0,68
Calabria	1,78	0,82	0,77	0,36	0,01	0,01	0,44	0,12	0,03	0,01	3,03	1,32
Sicilia	4,73	1,76	3,05	1,16	0,04	0,01	0,59	0,16	0,02	0,01	8,42	3,11
Sardegna	2,28	0,85	3,64	1,55	0,01	0,00	0,54	0,18	0,01	0,01	6,47	2,58
ITALIA	501,44	252,45	60,60	22,03	2,60	1,51	9,60	3,43	1,17	0,48	575,40	279,91

Fonte: ENEA

10.4 Conclusioni e sviluppi futuri

L'analisi puntuale del database di interventi incentivati nell'ambito del meccanismo delle detrazioni fiscali è di sicuro supporto alla determinazione di profili di utenza. Migliora inoltre la qualità del monitoraggio della misura, configurandosi come strumento in grado di valutare la penetrazione degli interventi e tecnologie incentivate, in funzione di una molteplicità di parametri, tra cui non solo l'epoca di costruzione e la tipologia dell'edificio (trattate in questo report) ma anche altre caratteristiche quali, ad esempio, la tipologia costruttiva (muratura portante, telaio in cemento armato, telaio in acciaio, ecc.), il volume lordo riscaldato, la superficie disperdente, il tipo di impianto di riscaldamento esistente al momento dell'intervento, il fabbisogno di energia primaria, ecc.

A tal proposito, si rende necessario nel prossimo futuro adattare la metodologia sviluppata per il database degli interventi del 2014 a quelli relativi agli anni passati, potendo infatti contare su un database costituito nel complesso da oltre due milioni di record. Tale analisi retrospettiva è utile anche ai fini del monitoraggio della misura, andando infatti ad indagare circa i trend di investimento e risparmi energetici conseguiti nel tempo per ciascuna tipologia di interventi.

11 Riferimenti bibliografici

1. UNI TS 11300-1. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, 2014.
2. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, EN ISO 13790:2008 Standard, 2008.
3. UNI TS 11300-2. Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, 2014.
4. UNI EN 303-5. Caldaie per riscaldamento - Parte 5: Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale o automatica, con una potenza termica nominale fino a 500 kW - Terminologia, requisiti, prove e marcatura, 2004.
5. UNI EN 13240. Stufe a combustibile solido - Requisiti e metodi di prova, 2006.
6. UNI EN 13229. Inserti e caminetti aperti alimentati a combustibile solido - Requisiti e metodi di prova, 2006.
7. I. Bertini, F. Ceravolo, M. De Felice, B. Di Pietra, F. Margiotta, S. Pizzuti, G. Puglisi, Sviluppo dell'ambiente di progettazione Optimal DESign for Smart, Energy – ODESSE Report RSE/2009/188, 2009
8. Giuliano Cammarata, Massimiliano Cammarata, Giacomo Capizzi, Sviluppo di metodologie e strumenti di misura ed analisi dei consumi energetici degli edifici pubblici, Report RdS/2013/79239, 2014
9. Database climatico di Energy Plus:
https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6/ITA%20%20
10. UNI EN 12809. Caldaie domestiche indipendenti a combustibile solido – Potenza termica nominale non maggiore di 50 kW – Requisiti e metodi di prova, 2004.
11. UNI TS 11300-4. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, 2012.
12. Eurostat, "Manual for statistics on energy consumption in households" 2013. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5935825/KS-GQ-13-003-EN.PDF/baa96509-3f4b-4c7a-94dd-feb1a31c7291>. [Ultimo accesso: aprile 2016].
13. P. Conti e et al., "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario" Report RdS/2011/143, 2011.
14. Regolamento n.65/2014 della Commissione Europea, del 1° ottobre 2013, che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio europeo per quanto riguarda l'etichettatura energetica dei forni e delle cappe da cucina per uso domestico, GU 2a serie speciale, Vol. 155, 2014, pp. 1-32.
15. Regolamento n.66/2014 della Commissione, del 14 gennaio 2014, recante misure di esecuzione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile dei forni, piani cottura e cappe, GU 2a serie speciale, Vol. 155, 2014, pp. 33-47.
16. M. Presutto, M. G. Villani, D. Scarano e S. Fumagalli, "Il mercato degli elettrodomestici e la sua evoluzione temporale" Report RdS/2010/255, 2010.
17. "Forni elettrici a incasso". [Online]. Available: www.eurotoppen.it. [Ultimo accesso: aprile 2016].
18. ANEC-BEUC, "Consumer organisations comments on draft Ecodesign and Labelling rules for kitchen appliances" 2012.
19. CEI EN 60350-1, "Apparecchi elettrici per la cottura per uso domestico. Parte 1: Cucine, forni, forni a vapore e griglie - Metodi per la misura delle prestazioni", 2015.
20. CEI EN 20350-2, "Apparecchi elettrici per la cottura per uso domestico. Parte 2: Piani cottura - Metodi per la misura delle prestazioni", 2015.
21. T. J. Hager e R. Morawicki, "Energy consumption during cooking in the residential sector of developed nations: a review" Food Policy, vol. 40, pp. 54-63, 2013.

22. DOE, "Energy conservation program: test procedures for conventional cooking products" Report EERE-2012-BT-TP-0013, 2012.
23. Sustainable Energy Authority of Ireland, "How to calculate equipment electricity use" [Online]. Available: <http://www.seai.ie/EnergyMAP/Identify/Step-8-Survey-energy-use-identify-significant-energy-users-/Step-8-Guide-2-How-to-calculate-equipment-electricity-use/>. [Ultimo accesso: aprile 2016].
24. Provincia di Torino, "L'energia in casa - efficienza energetica: comfort, risparmio, ambiente" [Online]. Available: http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/file-storage/download/energia/pdf/sportelli/serate_informative/1_Consumi_energetici.pdf. [Ultimo accesso: aprile 2016].
25. G. V. Fracastoro e M. Serraino, "Valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici alla scala provinciale", 2009.
26. AEEG, "Condizioni economiche di fornitura del gas naturale per il servizio di tutela". [Online]. Available: http://www.autorita.energia.it/it/dati/condec_gas.htm. [Ultimo accesso: settembre 2016].
27. AEEG, "Imposte sul gas" [Online]. Available: <http://www.autorita.energia.it/it/dati/gp30.htm>. [Ultimo accesso: giugno 2016].
28. "Statistiche demografiche delle Regioni," [Online]. Available: <http://www.tuttitalia.it/statistiche/>. [Ultimo accesso: settembre 2016].
29. Camera di Commercio di Belluno, "Listino prezzi medi prodotti petroliferi" [Online]. Available: <http://www.bl.camcom.it/informazione-economica/prezzi/listino-prezzi-medi-prodotti-petroliferi>. [Ultimo accesso: settembre 2016].
30. Camera di Commercio di Treviso, "Rilevazione quindicinale prezzi prodotti petroliferi", [Online]. Available: http://www.tv.camcom.gov.it/docs/Bisogni/di-Indici/aggiornamento_borsa_merci.html_cvt.html#petroli. [Ultimo accesso: settembre 2016].
31. AEEG, "Monitoraggio retail - Rapporto annuale 2012 e 2013" [Online]. Available: <http://www.autorita.energia.it/allegati/docs/15/042-15.pdf>. [Ultimo accesso: settembre 2016].
32. International Energy Agency, "Energy Efficiency Market Report 2014", Executive summary available: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/EEMR2014SUM.pdf>.
33. Maurizio Vichi, Carlo Cavicchia, Sviluppo di una procedura automatica di individuazione e trattamento di outlier in database di micro-dati di grandi dimensioni, Report RdS/PAR2015/160, 2016
34. D.M. 19 febbraio 2007 e ss.mm., "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296".
35. GSE, Relazione sul funzionamento del Conto Termico giugno 2013- dicembre 2014.

Appendice

Appendice A

Di seguito si riporta la procedura sviluppata per automatizzare le simulazioni con il software ODESSE in funzione delle superfici disperdenti, dell'epoca costruttiva e della tipologia di abitazione:

clear all

```
ed_anni = ['A', 'B', 'C', 'D']
ed_tipo = {'_UNI', '_PLURI1', '_PLURI2', '_AI1', '_AI2', '_AT1', '_AT2', '_AU1', '_AU2'}
risultati = fopen('risultati.txt', 'wt');
fprintf(risultati, 'EDIFICIO\tELOAD_INV\tAH_RED\r');
load('Simulazioni\orari_E');
load('Simulazioni\Cm_E');
for j=1:1
    cd (ed_anni(j))
```

```

for k= 6:6
    cd (char(strcat(ed_anni(j),ed_tipo(k))))
    start = 86400*0;
    stop = (0+365)*86400;
    load ('matData.mat')
    load ('matDataV.mat')
    run ('variabili.m')
    lancia_sim_fabb_term
    if(k==1)
        [t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
        M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
        filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'.txt'))];
        fid = fopen(filename,'at');
        fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
        fclose(fid);
        dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
        calcolo_aH_red;
        max_ele = max(Eload_inv);
        etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]';
        fprintf(risultati,'%s\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    end
    if(k==2)
        disp_op_par_2_1 = 0;
        disp_op_par_4_1 = 0;
        W_2_1 = 0;
        W_4_1 = 0;
        dispers_inf_par_2_1 = 0;
        dispers_inf_par_4_1 = 0;
        [t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
        M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
        filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'.txt'))];
        fid = fopen(filename,'at');
        fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
        fclose(fid);
        dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
        calcolo_aH_red;
        max_ele = max(Eload_inv);
        etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]';
        fprintf(risultati,'%s\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    end
    if(k==3)
        disp_op_par_4_1 = 0;
        W_4_1 = 0;
        dispers_inf_par_4_1 = 0;
        [t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
        M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
        filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'.txt'))];
        fid = fopen(filename,'at');
        fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
        fclose(fid);
        dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
        calcolo_aH_red;
        max_ele = max(Eload_inv);
        etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]';
        fprintf(risultati,'%s\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    end
    if(k==4)
        %AI NORD
        disp_op_par_2_1 = 0;

```

```

disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'N.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
fprintf(risultati,'%s_N\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AI EST
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'E.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
fprintf(risultati,'%s_E\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AI SUD
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_2_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'S.txt'))];

```

```

    fid = fopen(filename,'at');
    fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
    fclose(fid);
    dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
    calcolo_aH_red;
    max_ele = max(Eload_inv);
    etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
    fprintf(risultati,'%s_S\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
end
if(k==5)
    %AI2 OVEST EST
    disp_op_par_1_1 = 0;
    disp_op_par_3_1 = 0;
    W_1_1 = 0;
    W_3_1 = 0;
    dispers_inf_par_1_1 = 0;
    dispers_inf_par_3_1 = 0;
    [t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
    M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
    filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'OE.txt'))];
    fid = fopen(filename,'at');
    fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
    fclose(fid);
    dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
    calcolo_aH_red;
    max_ele = max(Eload_inv);
    etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
    fprintf(risultati,'%s_OE\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    %AI2 NORD SUD
    load ('matData.mat')
    load ('matDataV.mat')
    run ('variabili.m')
    lancia_sim_fabb_term
    disp_op_par_2_1 = 0;
    disp_op_par_4_1 = 0;
    W_2_1 = 0;
    W_4_1 = 0;
    dispers_inf_par_2_1 = 0;
    dispers_inf_par_4_1 = 0;
    [t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
    M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
    filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'NS.txt'))];
    fid = fopen(filename,'at');
    fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
    fclose(fid);
    dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
    calcolo_aH_red;
    max_ele = max(Eload_inv);
    etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
    fprintf(risultati,'%s_NS\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    %AI2 NORD EST
    load ('matData.mat')
    load ('matDataV.mat')
    run ('variabili.m')
    lancia_sim_fabb_term
    disp_op_par_3_1 = 0;
    disp_op_par_4_1 = 0;
    W_3_1 = 0;
    W_4_1 = 0;
    dispers_inf_par_3_1 = 0;

```

```

dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'NE.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
fprintf(risultati,'%s_NE\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
end
if(k==6)
%AT1 NORD
disp_op_cop1=0;
W_cop1=0;
disp_inf_cop1=0;
disp_op_par_2_1 = 0;
disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'N.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
fprintf(risultati,'%s_N\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AT1 EST
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_op_cop1=0;
W_cop1=0;
disp_inf_cop1=0;
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'E.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');

```

```

fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
fprintf(risultati,'%s_E\t%\t%\f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AT1 SUD
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_op_cop1=0;
W_cop1=0;
disp_inf_cop1=0;
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_2_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'S.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
fprintf(risultati,'%s_S\t%\t%\f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
end
if(k==7)
%AT2 OVEST EST
disp_op_cop1=0;
W_cop1=0;
disp_inf_cop1=0;
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_3_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_3_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'OE.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
fprintf(risultati,'%s_OE\t%\t%\f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AT2 NORD SUD
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')

```

```

lancia_sim_fabb_term
disp_op_cop1=0;
W_cop1=0;
disp_inf_cop1=0;
disp_op_par_2_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'NS.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
fprintf(risultati,'%s_NS\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AT2 NORD EST
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_op_cop1=0;
W_cop1=0;
disp_inf_cop1=0;
disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'NE.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Troom_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
fprintf(risultati,'%s_NE\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
end
if(k==8)
%AU1 NORD
disp_ter =0;
disp_op_par_2_1 = 0;
disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];

```

```

filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'N.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
fprintf(risultati,'%s_N\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AU1 EST
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_ter =0;
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_3_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_3_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_3_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'E.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
fprintf(risultati,'%s_E\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
%AU1 SUD
load ('matData.mat')
load ('matDataV.mat')
run ('variabili.m')
lancia_sim_fabb_term
disp_ter =0;
disp_op_par_1_1 = 0;
disp_op_par_2_1 = 0;
disp_op_par_4_1 = 0;
W_1_1 = 0;
W_2_1 = 0;
W_4_1 = 0;
dispers_inf_par_1_1 = 0;
dispers_inf_par_2_1 = 0;
dispers_inf_par_4_1 = 0;
[t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'S.txt'))];
fid = fopen(filename,'at');
fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);

```

```

fprintf(risultati,'%s_S\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
end
if(k==9)
    %AU2 OVEST EST
    disp_ter =0;
    disp_op_par_1_1 = 0;
    disp_op_par_3_1 = 0;
    W_1_1 = 0;
    W_3_1 = 0;
    dispers_inf_par_1_1 = 0;
    dispers_inf_par_3_1 = 0;
    [t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
    M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
    filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'OE.txt'))];
    fid = fopen(filename,'at');
    fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
    fclose(fid);
    dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
    calcolo_aH_red;
    max_ele = max(Eload_inv);
    etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
    fprintf(risultati,'%s_OE\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    %AU2 NORD SUD
    load ('matData.mat')
    load ('matDataV.mat')
    run ('variabili.m')
    lancia_sim_fabb_term
    disp_ter =0;
    disp_op_par_2_1 = 0;
    disp_op_par_4_1 = 0;
    W_2_1 = 0;
    W_4_1 = 0;
    dispers_inf_par_2_1 = 0;
    dispers_inf_par_4_1 = 0;
    [t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
    M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
    filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'NS.txt'))];
    fid = fopen(filename,'at');
    fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
    fclose(fid);
    dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
    calcolo_aH_red;
    max_ele = max(Eload_inv);
    etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))];
    fprintf(risultati,'%s_NS\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
    %AU2 NORD EST
    load ('matData.mat')
    load ('matDataV.mat')
    run ('variabili.m')
    lancia_sim_fabb_term
    disp_ter =0;
    disp_op_par_3_1 = 0;
    disp_op_par_4_1 = 0;
    W_3_1 = 0;
    W_4_1 = 0;
    dispers_inf_par_3_1 = 0;
    dispers_inf_par_4_1 = 0;
    [t,x,y]=sim ('..\Simulazioni\Edificio_fabbisogno_termico.mdl',[start:3600:stop],simset('MaxRows',1));
    M = [Troom_out,Tload_est,Tload_inv,Eload_est,Eload_inv,ele_load_edi,Ene_ele];
    filename=[char(strcat('perf_',ed_anni(j),ed_tipo(k),'NE.txt'))];
    fid = fopen(filename,'at');

```

```

fprintf(fid,'%s\t %s\t %s\t %s\t %s\t %s\t \r' , 'Room_diff','Tload_est','Tload_inv','Eload_est','Eload_inv',
'ele_load_edi','Ene_ele');
fclose(fid);
dlmwrite(filename, M, '-append','delimiter', '\t')
calcolo_aH_red;
max_ele = max(Eload_inv);
etichetta = [char(strcat(ed_anni(j),'_',ed_tipo(k)))]);
fprintf(risultati,'%s_NE\t%f\t%f\r',etichetta,max_ele,aH_red);
end
cd ..
end
cd ..
end
fclose(risultati);

```

Appendice B

Tabella B.1 – Investimenti (M€) e risparmi di energia primaria (GWh/anno) conseguiti per tipologia di intervento incentivato e regione, anno 2014

Provincia	Comma 344		Comma 345a		Comma 345b	
	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)
Torino	10,80	4,87	30,95	16,90	103,49	41,05
Vercelli	0,34	0,23	3,04	1,67	6,51	2,68
Novara	3,01	1,41	8,73	4,05	13,75	5,50
Cuneo	7,10	3,25	13,22	6,49	29,24	13,17
Asti	2,02	0,77	4,56	2,25	6,91	2,84
Alessandria	1,88	0,66	7,87	4,14	14,81	6,02
Biella	0,77	0,41	2,93	1,62	8,09	3,65
Verbano-Cusio-Ossola	1,94	0,55	3,42	1,20	6,96	2,87
Aosta	2,12	1,28	4,71	2,40	6,67	2,55
Varese	4,03	1,58	16,69	7,50	37,39	14,47
Como	3,88	1,17	15,40	6,25	23,93	8,17
Sondrio	3,46	1,48	8,94	3,20	8,62	3,20
Milano	9,57	2,72	36,60	14,33	119,11	40,36
Bergamo	7,99	2,40	25,97	10,77	36,18	12,79
Brescia	10,78	3,87	30,85	12,87	34,66	11,89
Pavia	2,37	1,02	5,33	2,39	11,98	4,72
Cremona	5,27	2,08	8,29	4,10	8,80	3,12
Mantova	2,73	1,14	9,17	4,20	8,94	3,09
Lecco	4,11	1,27	10,96	4,68	17,19	5,81
Lodi	2,51	1,53	3,81	1,38	5,83	2,12
Monza e della Brianza	5,16	2,02	14,77	5,75	30,57	10,13
Bolzano	10,18	4,73	27,81	9,80	20,56	5,88
Trento	8,55	3,34	20,92	7,41	24,86	6,81
Verona	10,23	3,00	23,46	9,60	25,93	9,66
Vicenza	8,64	2,76	20,12	9,71	26,51	10,16
Belluno	5,89	2,05	11,51	4,84	8,99	3,01
Treviso	9,29	3,16	20,97	9,85	16,34	5,89
Venezia	7,41	2,63	13,30	5,85	23,02	8,39
Padova	7,40	2,27	21,28	8,78	21,69	8,10
Rovigo	0,88	0,38	4,46	2,25	4,47	1,72
Udine	3,58	1,16	14,93	6,31	20,67	7,27
Gorizia	0,77	0,28	2,21	0,85	4,15	1,32
Trieste	0,83	0,36	4,33	1,83	9,20	2,47
Pordenone	3,39	1,32	9,38	3,97	7,91	2,79
Imperia	0,45	0,27	1,74	0,66	6,30	1,45
Savona	1,59	0,56	5,35	1,56	13,65	3,75
Genova	1,44	0,53	16,96	4,75	31,76	8,52
La Spezia	0,84	0,27	3,58	1,06	5,25	1,48
Piacenza	1,79	0,78	5,53	2,45	7,99	3,24
Parma	2,87	1,25	7,69	3,61	10,60	4,18
Reggio nell'Emilia	4,30	1,48	9,74	4,11	10,72	4,00
Modena	4,26	1,43	14,81	7,40	22,65	8,27
Bologna	7,39	2,95	20,13	9,53	39,11	14,42

Ferrara	3,81	5,24	4,49	2,01	7,46	2,96
Ravenna	3,42	1,25	9,98	4,86	12,85	4,82
Forli-Cesena	2,68	0,99	8,85	3,89	13,65	4,82
Rimini	1,48	0,62	8,45	3,95	8,93	3,49
Massa-Carrara	0,68	0,20	1,54	0,63	2,80	0,83
Lucca	2,92	1,47	4,14	1,34	6,09	1,67
Pistoia	1,25	0,61	3,22	1,35	2,69	0,84
Firenze	4,79	2,01	19,74	7,11	16,53	5,04
Livorno	0,77	0,32	2,51	0,67	6,94	1,97
Pisa	1,48	0,61	4,21	1,45	4,82	1,41
Arezzo	2,30	0,89	7,77	2,85	4,88	1,79
Siena	3,00	1,19	5,57	1,73	3,53	1,13
Grosseto	0,64	0,32	1,03	0,45	3,64	1,08
Prato	0,88	0,31	2,65	0,87	2,26	0,63
Perugia	2,99	1,85	5,46	2,24	7,74	3,03
Terni	0,74	0,24	1,69	0,59	3,52	1,10
Pesaro e Urbino	2,18	0,85	9,04	3,21	7,11	2,83
Ancona	2,18	0,78	5,69	2,24	10,66	3,41
Macerata	1,43	0,70	3,95	1,09	4,79	1,65
Ascoli Piceno	0,79	0,25	1,62	0,55	3,41	1,02
Fermo	0,81	0,28	2,11	0,88	3,02	1,02
Viterbo	1,29	0,71	0,93	0,37	3,20	1,14
Rieti	0,65	0,31	0,89	0,47	2,38	0,87
Roma	6,33	2,44	9,43	3,26	87,09	23,53
Latina	1,65	0,73	0,96	0,40	6,16	1,43
Frosinone	2,37	2,18	2,23	1,14	5,67	1,70
L'Aquila	0,88	0,33	2,16	1,02	4,95	1,92
Teramo	0,87	0,26	1,36	0,43	2,44	0,75
Pescara	0,73	0,22	1,36	0,42	4,95	1,64
Chieti	0,70	0,15	2,06	0,71	5,39	1,63
Campobasso	0,72	0,35	0,56	0,21	3,69	1,19
Isernia	0,27	0,12	0,47	0,30	1,33	0,46
Caserta	0,75	0,33	0,75	0,24	3,14	0,81
Benevento	1,10	0,34	0,79	0,20	2,84	0,78
Napoli	2,50	0,80	3,60	0,92	18,13	4,15
Avellino	0,86	0,60	2,38	0,96	5,53	1,53
Salerno	2,05	0,67	3,28	0,93	13,05	2,82
Foggia	0,43	0,13	0,98	0,31	6,04	1,76
Bari	2,57	0,71	3,85	1,14	18,92	5,16
Taranto	0,29	0,09	1,40	0,53	7,77	1,88
Brindisi	0,71	0,20	1,10	0,36	4,45	0,95
Lecce	1,31	0,45	1,49	0,47	5,73	1,33
Barletta-Andria-Trani	0,73	0,11	0,74	0,47	3,30	0,82
Potenza	0,81	0,44	2,74	1,06	6,04	2,21
Matera	0,16	0,04	0,71	0,25	2,64	0,82
Cosenza	0,70	0,31	1,79	0,68	3,65	1,32
Catanzaro	0,32	0,16	1,78	0,56	2,46	0,68
Reggio di Calabria	0,60	0,12	0,76	0,13	2,21	0,50
Crotone	0,10	0,03	0,31	0,18	0,27	0,06
Vibo Valentia	0,23	0,10	0,32	0,11	0,51	0,16
Trapani	0,69	0,30	0,78	0,21	1,78	0,49
Palermo	1,33	0,57	1,83	0,75	13,14	3,16
Messina	1,09	0,28	0,90	0,21	4,01	0,94
Agrigento	0,37	0,17	0,87	0,26	2,11	0,59
Caltanissetta	0,10	0,14	0,36	0,15	1,52	0,74
Enna	0,06	0,02	0,38	0,12	1,09	0,47
Catania	1,11	0,29	1,72	0,58	4,62	1,32
Ragusa	1,05	0,28	0,96	0,27	1,40	0,38
Siracusa	0,34	0,09	0,42	0,11	1,47	0,35
Sassari	0,44	0,26	0,79	0,25	3,68	1,04
Nuoro	0,33	0,15	0,44	0,16	2,04	0,70
Cagliari	1,00	0,51	2,26	0,71	7,99	1,85
Oristano	0,87	0,16	0,72	0,20	0,86	0,22
Olbia-Tempio	0,39	0,12	0,49	0,19	0,99	0,21
Ogliastra	0,09	0,08	0,34	0,14	0,46	0,16
Medio-Campidano	0,06	0,05	0,35	0,06	0,35	0,08
Carbonia-Iglesias	0,24	0,10	0,51	0,18	1,22	0,25
ITALIA	277,23	110,67	725,40	301,03	1.321,91	446,47

	Comma 346	Comma 347	TOTALE
--	-----------	-----------	--------

Provincia	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)	Investimenti (M€)	Risparmio energia primaria (GWh/anno)
Torino	4,85	3,24	46,30	33,10	196,38	99,16
Vercelli	0,57	0,39	4,51	2,74	14,97	7,71
Novara	1,11	0,71	8,83	4,44	35,44	16,12
Cuneo	3,24	2,22	15,91	9,30	68,71	34,43
Asti	0,60	0,45	4,60	2,65	18,70	8,97
Alessandria	0,65	0,45	7,26	3,29	32,47	14,56
Biella	0,77	0,46	5,26	3,38	17,81	9,53
Verbano-Cusio-Ossola	0,40	0,25	3,80	1,69	16,51	6,56
Aosta	0,94	0,55	3,24	1,66	17,68	8,44
Varese	1,71	1,02	12,37	4,58	72,19	29,15
Como	1,92	1,12	10,60	4,10	55,73	20,80
Sondrio	1,37	1,03	5,22	1,71	27,60	10,63
Milano	1,72	1,57	72,58	45,10	239,59	104,08
Bergamo	1,30	0,80	12,38	4,75	83,82	31,51
Brescia	1,87	1,31	11,32	4,05	89,47	34,00
Pavia	0,43	0,25	8,65	5,15	28,76	13,53
Cremona	0,33	0,24	2,94	1,01	25,62	10,55
Mantova	0,70	0,42	3,25	1,38	24,79	10,23
Lecco	1,02	0,65	5,30	1,93	38,59	14,34
Lodi	0,13	0,10	1,53	0,65	13,80	5,77
Monza e della Brianza	0,68	0,42	11,10	5,57	62,29	23,89
Bolzano	1,54	1,13	9,92	4,31	70,01	25,84
Trento	4,33	3,30	11,35	3,74	70,00	24,60
Verona	1,91	1,09	9,00	3,22	70,53	26,57
Vicenza	2,73	1,73	9,78	3,73	67,78	28,09
Belluno	1,60	0,92	5,42	1,89	33,41	12,70
Treviso	4,19	3,02	12,70	4,86	63,49	26,79
Venezia	1,67	1,20	9,83	4,04	55,24	22,11
Padova	1,84	1,11	9,41	3,74	61,63	24,00
Rovigo	0,18	0,15	1,16	0,47	11,15	4,97
Udine	1,66	1,07	10,07	3,84	50,92	19,64
Gorizia	0,34	0,19	1,54	0,65	9,02	3,29
Trieste	0,23	0,16	6,16	3,29	20,75	8,11
Pordenone	1,44	0,89	6,21	2,53	28,33	11,50
Imperia	0,32	0,25	3,11	2,07	11,92	4,70
Savona	0,72	0,54	9,44	6,91	30,76	13,32
Genova	0,58	0,49	21,45	13,19	72,19	27,48
La Spezia	0,29	0,22	1,52	0,66	11,48	3,69
Piacenza	0,31	0,27	2,47	0,90	18,09	7,64
Parma	0,73	0,54	4,66	1,90	26,56	11,47
Reggio nell'Emilia	1,41	0,98	5,26	2,70	31,43	13,27
Modena	1,75	1,27	9,22	3,75	52,70	22,11
Bologna	1,97	1,52	22,42	8,87	91,02	37,29
Ferrara	0,32	0,23	2,14	0,94	18,22	11,38
Ravenna	0,93	0,70	5,50	2,42	32,69	14,06
Forlì-Cesena	1,13	0,81	6,18	2,55	32,49	13,05
Rimini	0,56	0,44	3,64	1,25	23,06	9,76
Massa-Carrara	0,23	0,15	1,28	0,54	6,53	2,35
Lucca	1,06	0,79	3,30	1,25	17,52	6,51
Pistoia	0,53	0,31	2,65	1,07	10,33	4,18
Firenze	1,06	0,78	11,77	4,68	53,90	19,62
Livorno	0,49	0,35	1,85	0,68	12,57	3,99
Pisa	0,54	0,39	2,56	1,18	13,61	5,04
Arezzo	1,00	0,64	2,50	0,87	18,46	7,03
Siena	0,40	0,31	2,74	0,82	15,24	5,19
Grosseto	0,30	0,22	1,07	0,33	6,68	2,40
Prato	0,19	0,12	1,93	0,72	7,91	2,65
Perugia	1,63	1,17	4,35	1,62	22,17	9,91
Terni	0,20	0,19	1,83	1,27	7,99	3,39
Pesaro e Urbino	0,85	0,61	3,99	1,43	23,16	8,93
Ancona	0,81	0,57	3,84	1,50	23,19	8,49
Macerata	0,78	0,51	2,56	0,82	13,52	4,76
Ascoli Piceno	0,28	0,22	1,32	0,51	7,43	2,55
Fermo	0,22	0,14	0,98	0,32	7,14	2,64
Viterbo	0,19	0,17	0,95	0,30	6,56	2,70
Rieti	0,15	0,14	0,37	0,12	4,44	1,91
Roma	1,85	1,62	21,38	11,54	126,07	42,40
Latina	0,42	0,65	1,15	0,46	10,34	3,67

Frosinone	0,31	0,30	1,03	0,43	11,60	5,75
L'Aquila	0,29	0,24	1,39	0,79	9,68	4,29
Teramo	0,28	0,21	0,95	0,36	5,90	2,02
Pescara	0,20	0,15	0,79	0,32	8,02	2,76
Chieti	0,29	0,25	1,49	0,57	9,94	3,31
Campobasso	0,17	0,13	1,22	0,54	6,36	2,41
Isernia	0,03	0,03	0,29	0,12	2,40	1,03
Caserta	0,23	0,34	0,82	0,36	5,69	2,07
Benevento	0,25	0,29	0,70	0,23	5,68	1,83
Napoli	0,61	0,70	2,79	0,97	27,61	7,53
Avellino	0,20	0,22	1,16	0,44	10,13	3,74
Salerno	0,54	0,54	2,25	0,71	21,17	5,67
Foggia	0,08	0,08	1,28	0,51	8,81	2,79
Bari	0,55	0,69	3,78	1,35	29,67	9,05
Taranto	0,16	0,23	0,99	0,40	10,61	3,13
Brindisi	0,25	0,34	0,81	0,28	7,32	2,13
Lecce	0,69	0,99	2,56	0,94	11,78	4,17
Barletta-Andria-Trani	0,06	0,06	0,57	0,18	5,40	1,64
Potenza	0,34	0,33	1,22	0,49	11,15	4,53
Matera	0,04	0,04	0,47	0,19	4,02	1,34
Cosenza	0,35	0,47	1,19	0,54	7,69	3,33
Catanzaro	0,21	0,30	0,50	0,20	5,26	1,90
Reggio di Calabria	0,20	0,25	0,86	0,35	4,63	1,35
Crotone	0,05	0,04	0,15	0,07	0,87	0,39
Vibo Valentia	0,08	0,11	0,33	0,15	1,47	0,63
Trapani	0,24	0,45	0,69	0,30	4,18	1,75
Palermo	0,28	0,42	2,31	0,86	18,88	5,75
Messina	0,35	0,48	1,30	0,43	7,65	2,35
Agrigento	0,10	0,16	0,52	0,18	3,97	1,36
Caltanissetta	0,04	0,07	0,32	0,11	2,34	1,21
Enna	0,07	0,08	0,45	0,20	2,05	0,89
Catania	0,34	0,53	1,43	0,52	9,23	3,24
Ragusa	0,28	0,37	0,78	0,30	4,47	1,59
Siracusa	0,25	0,41	0,61	0,21	3,09	1,18
Sassari	0,34	0,40	1,09	0,48	6,34	2,44
Nuoro	0,27	0,28	0,72	0,24	3,80	1,54
Cagliari	0,85	0,80	2,86	1,13	14,96	5,00
Oristano	0,31	0,39	0,39	0,17	3,15	1,14
Olbia-Tempio	0,27	0,24	0,56	0,23	2,69	1,00
Ogliastra	0,13	0,16	0,24	0,07	1,26	0,62
Medio-Campidano	0,22	0,22	0,23	0,08	1,20	0,49
Carbonia-Iglesias	0,19	0,19	0,37	0,18	2,53	0,90
ITALIA	85,20	64,92	575,40	279,91	2.985,14	1.203,01

Fonte: ENEA