



Ricerca di Sistema elettrico

Studio di un modello di Aggregatore di uno smart district

Livio de Santoli, Francesco Mancini

STUDIO DI UN MODELLO DI AGGREGATORE DI UNO SMART DISTRICT

Livio de Santoli, Francesco Mancini
C.I.T.E.R.A - Centro di Ricerca Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente
Sapienza Università di Roma

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 ed interazione con altri vettori energetici
Progetto: Sviluppo di un modello integrato di Smart District Urbano
Obiettivo: b- Smart Home Network
Responsabile del Progetto: Arch. Claudia Meloni ENEA

Il presente documento descrive le attività svolte all'interno del Contratto di Servizio "Studio di un modello di Aggregatore di uno smart district"

Responsabile scientifico ENEA: Arch. Sabrina Romano
Responsabile scientifico C.I.T.E.R.A (Sapienza): Prof. Livio de Santoli

Indice

1	SOMMARIO	5
2	INTRODUZIONE	6
3	PRINCIPALI TREND DEL SISTEMA ELETTRICO ITALIANO	7
3.1	IL SISTEMA ELETTRICO ITALIANO E LA QUOTA DI ENERGIA RINNOVABILE	7
3.2	CRITICITÀ E PROBLEMATICHE DELLA SITUAZIONE ATTUALE DEL SISTEMA ELETTRICO	8
3.3	CONSIDERAZIONI SULL'ANDAMENTO DEL PUN E SULL'ATTUALE SISTEMA DI TARIFFAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	11
3.4	CONSIDERAZIONE SULLA ELETRIFICAZIONE DELLE UTENZE RESIDENZIALI	14
4	MODELLI DI INTERVENTO PER LA GESTIONE DELLA FLESSIBILITÀ DELLA DOMANDA	15
4.1	TARIFFAZIONE DINAMICA DELL'ENERGIA ELETTRICA	15
4.2	MODELLI DI AGGREGATORE BASATI SUL DEMAND RESPONSE DELLA COMPONENTE ELETTRICA	17
4.2.1	<i>Demand Response di tipo esplicito o di tipo implicito</i>	18
4.2.2	<i>I vantaggi dell'aggregazione</i>	19
4.3	SISTEMI DI MONITORAGGIO DELL'ENERGIA, COMUNICAZIONE ALL'AGGREGATORE DEI DATI E INTERAZIONE CON L'UTENTE	21
5	ANALISI DELLE UTENZE ELETTRICHE E TERMICHE DI TIPO RESIDENZIALE	23
5.1	CARICHI ACCUMULABILI	24
5.1.1	<i>Preparazione acqua calda sanitaria</i>	24
5.1.2	<i>Apparecchi con batteria</i>	25
5.1.3	<i>Riscaldamento degli edifici</i>	26
5.1.4	<i>Raffrescamento degli edifici</i>	27
5.1.5	<i>Carichi accumulabili: considerazioni sulle caratteristiche degli edifici</i>	28
5.2	CARICHI DIFFERIBILI: LAVATRICI, LAVASTOVIGLIE, ASCIUGATRICI	30
5.3	AUTOGENERAZIONE	32
6	INDIVIDUAZIONE DEI CONSUMI E DEI COSTI DI UN'ABITAZIONE TIPO	34
6.1	CASO STUDIO A	35
6.2	CASO STUDIO B	37
6.3	CASO STUDIO C	39
7	ANALISI DEI POTENZIALI RISPARMI IN RELAZIONE A UTENZA E TECNOLOGIA IMPIEGATA	41
7.1	RISPARMI PER VARIAZIONE DELLA DOTAZIONE IMPIANTISTICA	43
7.1.1	<i>Caso Studio A</i>	43
7.1.2	<i>Caso studio B</i>	47
7.1.3	<i>Caso studio C</i>	50
7.2	RISPARMI PER INTRODUZIONE DI SISTEMI DI AUTOMAZIONE	53
7.2.1	<i>Caso Studio A</i>	53
7.2.2	<i>Caso Studio B</i>	54
7.2.3	<i>Caso Studio C</i>	56
7.3	RISPARMI PER VARIAZIONE DELLA DOTAZIONE IMPIANTISTICA E PER INTRODUZIONE DI SISTEMI DI AUTOMAZIONE	57
7.3.1	<i>Caso Studio A</i>	58
7.3.2	<i>Caso Studio B</i>	61
7.3.3	<i>Caso Studio C</i>	64
7.4	CONSIDERAZIONI SU ALTRI INTERVENTI DI RISPARMIO ENERGETICO	67
8	STIMA DEI RISPARMI POTENZIALI PRESSO L'UTENTE FINALE DA UN MODELLO DI FLESSIBILIZZAZIONE DELLA DOMANDA	68
8.1	INCIDENZA DEL COSTO DELL'ENERGIA SULL'ACQUISTO DI ENERGIA ELETTRICA PER LA SOLUZIONE BASE DEI CASI STUDIO ESAMINATI	68

8.2	ANTICIPO/POSTICIPO DEL PRELIEVO DI ENERGIA ELETTRICA.....	69
8.3	RISPARMIO ECONOMICO IN RELAZIONE AD UN MODELLO DI FLESSIBILIZZAZIONE DELLA DOMANDA	71
8.4	RISPARMIO ECONOMICO IN RELAZIONE AD UN MODELLO DI FLESSIBILIZZAZIONE DELLA DOMANDA CON ALL'INTRODUZIONE DI SISTEMI DI AUTOMAZIONE	71
8.5	RISPARMIO ECONOMICO IN RELAZIONE AD UN MODELLO DI FLESSIBILIZZAZIONE DELLA DOMANDA CON UNA MAGGIORE ELETTRIFICAZIONE E CON INTRODUZIONE DI SISTEMI DI AUTOMAZIONE	76
9	IPOTESI DI AGGREGATORE	81
9.1	EDIFICIO DI TIPO TRADIZIONALE	82
9.2	EDIFICIO ELETTRIFICATO	83
9.3	TIPOLOGIE DI AGGREGATORE	83
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	85
	APPENDICE: CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO IMPEGNATO NELL'ATTIVITÀ	86
	PROF. LIVIO DE SANTOLI	86
	ING. FRANCESCO MANCINI.....	86

1 Sommario

L'obiettivo di questo lavoro è lo studio di un modello di aggregatore di utenze residenziali, che possa offrire oltre al servizio di demande response anche servizi aggiuntivi quali risparmio energetico e assisted living.

Preliminarmente allo studio è stata effettuata un'analisi del sistema elettrico italiano nella quale si evidenziano l'elevato contributo delle fonti energetiche rinnovabili, le problematiche di raccolta integrale di tali produzioni e la scarsa elettrificazione delle utenze residenziali italiane.

E' stata, quindi, effettuata una caratterizzazione dei carichi delle utenze residenziali, al fine di valutare il potenziale di flessibilità attuabile, in termini di carichi accumulabili e di carichi differibili.

Poi, considerando tre Casi Studio ritenuti significativi delle residenze italiane, sono stati stimati i risparmi energetici e i risparmi economici derivanti da interventi di variazione della dotazione impiantistica e di introduzione di sistemi di automazione. Considerando la variabilità del prezzo dell'energia sui mercati è stato valutato il potenziale di risparmio economico ottenibile grazie anche ad una flessibilizzazione della domanda. E' stato osservato che, nell'attuale scenario italiano, la sola flessibilizzazione della domanda, pur offrendo indubbi benefici al sistema elettrico, produce piccoli risparmi economici per il singolo utente, non superiori a qualche punto percentuale. La flessibilizzazione della domanda, invece, se unita all'introduzione di sistemi di automazione, può consentire risparmi più alti, intorno al 20%. Infine, la flessibilizzazione della domanda, se unita all'introduzione di sistemi di automazione ed alla elettrificazione delle utenze, può consentire risparmi anche superiori al 40%.

Le caratteristiche dell'aggregatore, la sua dimensione e le sue possibilità di intervento dipendono fortemente dalle risorse di cui può disporre e che possono non essere rappresentate solamente dalle risorse derivanti dalla fornitura del servizio di flessibilità della domanda. E' quindi necessario che l'aggregatore offra altri servizi, a partire da quelli connessi all'utilizzo dell'energia (risparmio energetico, ammodernamento degli impianti tecnologici) ma non escludendo funzioni diverse connesse all'utilizzo generale delle infrastrutture a rete (automazione, sicurezza, videosorveglianza, e-commerce).

2 Introduzione

Il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), per il settore energia, ha il compito di garantire la sicurezza negli approvvigionamenti, contenere il costo della bolletta energetica nonché di attuare tutte quelle misure atte a garantire l'Efficienza Energetica, priorità di intervento della Strategia Energetica Nazionale (SEN).

Questo studio si inserisce nel Piano Annuale di Realizzazione 2015, per quanto attiene l'Area "Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici ed interazione con altri vettori energetici", all'interno della tematica di ricerca "Smart Cities & Communities"; queste rappresentano, in un contesto di crescente urbanizzazione, il terreno ideale per promuovere politiche industriali particolarmente innovative. Nello specifico, si riferisce all'obiettivo " b - Smart Homes Network" contenuto nel progetto di "Sviluppo di un modello integrato di Smart District Urbano".

L'attività "Smart Homes Network", prevede lo sviluppo di un sistema intelligente per la gestione dei consumi delle abitazioni, quindi il target di riferimento è rappresentato dai clienti residenziali o piccoli esercizi commerciali, cioè quel ramo di consumatori connessi alla rete di bassa tensione.

Oggetto dello studio vengono ad essere le abitudini dei cittadini con l'obiettivo di stabilire la loro domanda attiva in connessione alla partecipazione al sistema energetico attraverso l'elemento della flessibilità, ovvero la capacità di modulazione e variazione dei loro consumi.

Attualmente, un piccolo consumatore fornisce limitata capacità di flessibilità; tuttavia, attraverso un coordinamento e una tecnologia appropriati, può offrire una flessibilità complessiva interessante per il sistema elettrico e per gli attori dello stesso. Nello specifico, per coordinamento si intende la creazione di un Aggregatore capace di raccogliere la flessibilità di una pluralità di clienti e di renderla interessante per le proposte del mercato energetico.

Dal punto di vista tecnologico è prevista la presenza di un Energy Box, ovvero di un sistema di gestione dei consumi domestici che, mediante previsioni del tempo, dati di consumo, interfaccia le apparecchiature installate nelle residenze con i segnali dell'Aggregatore, coordina gli usi energetici dell'abitazione, gestendo in modo friendly le utenze domestiche e la flessibilità per il consumatore. In altre parole, il consumatore finale può delegare il compito di gestire le proprie utenze a quello che viene a costituire un vero e proprio Energy Management System.

L'obiettivo di questa attività è quindi la riduzione dei consumi finali di energia (elettrica e termica) dei consumatori domestici, da un lato attraverso un percorso di crescita di consapevolezza energetica e, dall'altro, attraverso la fornitura di servizi aggiuntivi: demand response e assisted living.

E' previsto lo studio di diversi scenari di aggregazione in funzione dei servizi che questo è in grado di offrire, al fine di identificare il modello di riferimento da implementare nel progetto.

3 Principali trend del sistema elettrico italiano

3.1 Il sistema elettrico italiano e la quota di energia rinnovabile

Fin dagli inizi del '900, il parco elettrico nazionale è stato caratterizzato dall'ampia diffusione di impianti idroelettrici. Negli ultimi anni la potenza installata di questi impianti è rimasta pressoché costante (+0,7% medio annuo) mentre le altre fonti rinnovabili sono cresciute in maniera considerevole. A partire dal 2006 (Figura 3.1), il sistema elettrico italiano ha subito una significativa rivoluzione sotto la spinta delle energie rinnovabili, con un deciso incremento dell'efficienza media ed un'altrettanta decisa diminuzione delle emissioni inquinanti. Sotto la spinta di un programma di incentivazione si è assistito ad una forte crescita della produzione di energia elettrica, da fonte fotovoltaica e da fonte eolica. In Italia, nel 2014, la potenza installata di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili (FER) è pari a 50.595 MW in crescita rispetto all'anno precedente per l'istallazione di nuovi parchi eolici, di impianti alimentati con bioenergie e soprattutto di impianti fotovoltaici; complessivamente gli impianti alimentati da FER rappresentano il 41,7% della potenza installata (a fine 2014).

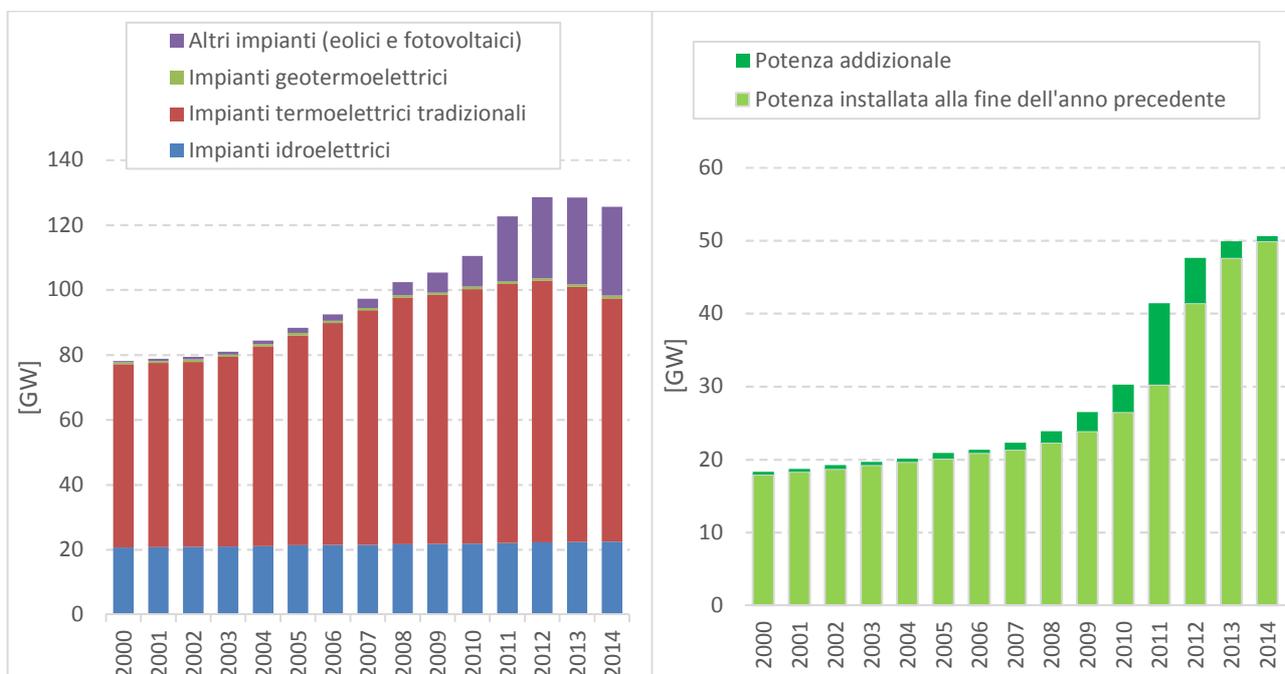


Figura 3.1 - A sinistra: potenza installata degli impianti di produzione elettrica [1], [2]; a destra: potenza installata degli impianti a fonti rinnovabili [3]

La produzione rinnovabile, grazie al contributo delle nuove installazioni, segna un nuovo record raggiungendo 120.697 GWh, ovvero il 43,1% della produzione lorda totale. Rispetto al 2001, la produzione rinnovabile addizionale è pari a 66.206 GWh, con la distribuzione indicata in Figura 3.2.

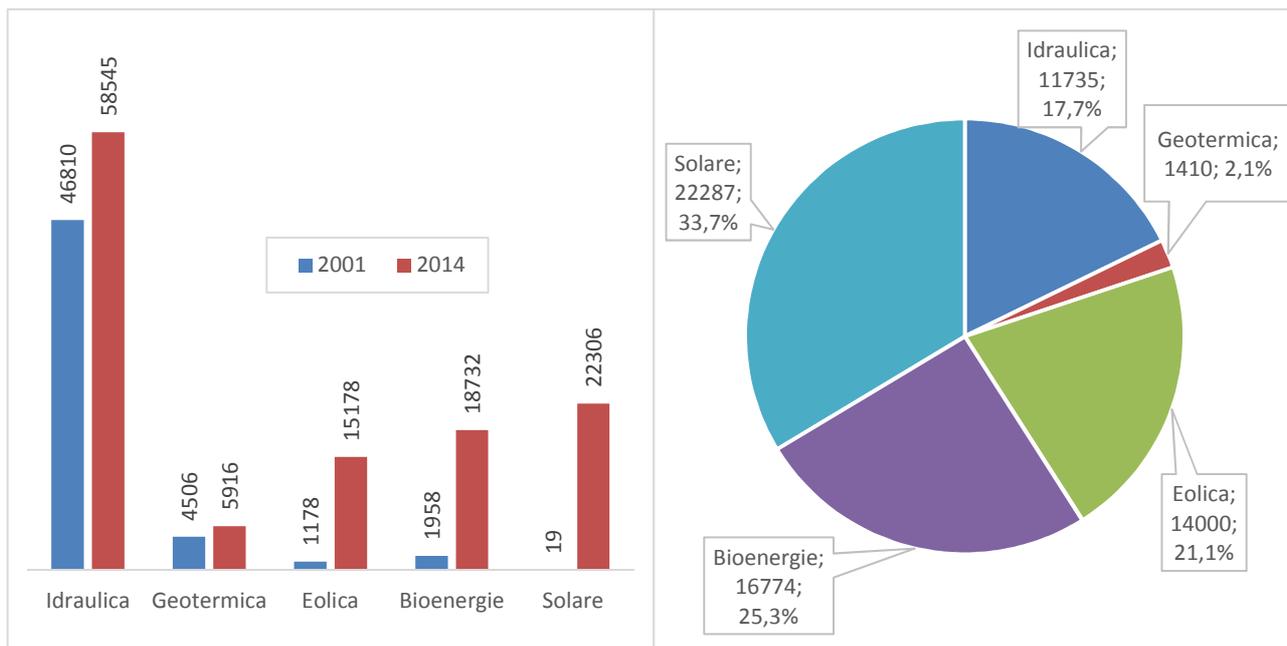


Figura 3.2 – A sinistra: variazione della produzione da fonti rinnovabili [GWh] - Anni 2001-2014 [3]; a destra: ripartizione della produzione addizionale da fonti rinnovabili [GWh; %] - Anni 2001-2014 [3].

I risultati conseguiti sono interessanti ed il confronto con gli obiettivi prefissati ne evidenzia l'importanza: il 33,4% di produzione da FER è di molto superiore all'obiettivo del 21,7% inizialmente prefissato per il 2014 ed è già abbondantemente superiore al target del 2020 fissato al 26,4% per il settore elettricità (Figura 3.3).

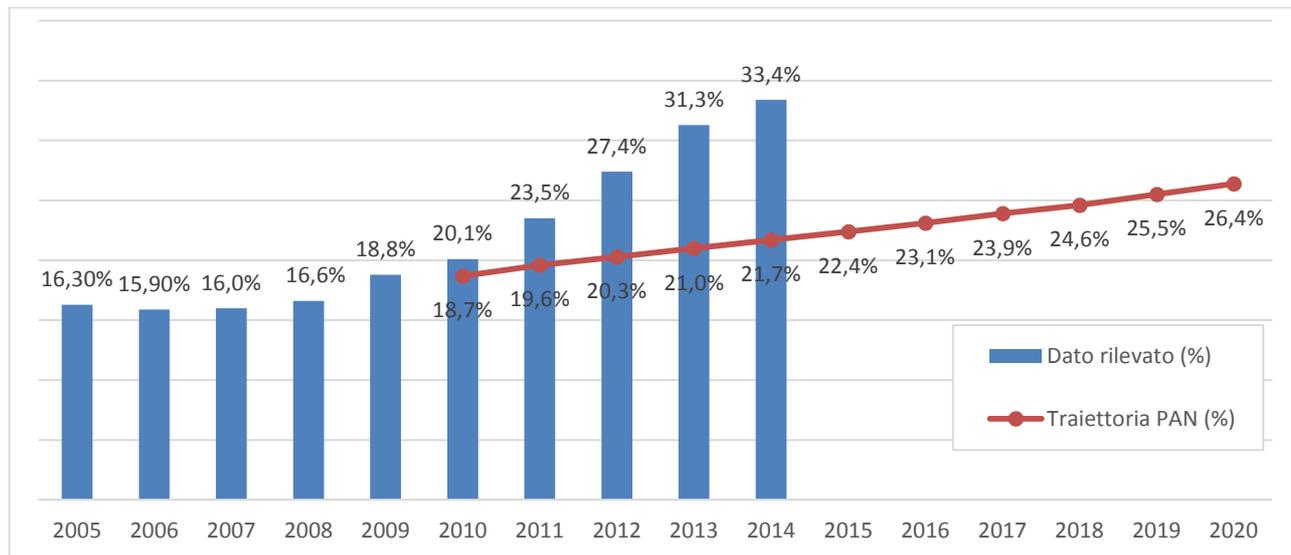


Figura 3.3. Quota dei consumi finali lordi di energia nel settore elettrico coperta da FER [3].

3.2 Criticità e problematiche della situazione attuale del sistema elettrico

La forte crescita della potenza installata e delle domande di connessione e i tempi necessari per lo sviluppo delle reti, più lunghi rispetto a quelli di sviluppo dei singoli impianti, hanno determinato ritardi e congestioni, soprattutto laddove si evidenziano forti concentrazioni di impianti non programmabili, con conseguenti vincoli al pieno sfruttamento della potenza installata.

Nella convinzione che il futuro del nostro sistema energetico debba essere basato sulla generazione distribuita con un sempre maggior impiego di autoproduzioni da fonte rinnovabile, appaiono necessari interventi ed innovazioni per facilitarne la penetrazione. Occorre arrivare alla "raccolta" integrale della

producibilità rinnovabile, da effettuarsi, oltre che con interventi sulla rete, anche con sistemi di accumulo/stoccaggio dell'energia elettrica prodotta e non immettibile in rete, o con innovazioni sul lato della domanda di energia elettrica.

Al fine di individuare le criticità della situazione attuale è necessario analizzare il sistema non solo in termini di energia, ma anche in termini di potenza.

Nel 2014 si è calcolato che le FER abbiano coperto il 33,4% del fabbisogno di energia elettrica. Tale dato è apparentemente lontano dalla copertura integrale, ma se analizzato in termini di potenza offre una lettura diversa. A tal proposito, si considerino le ore equivalenti di funzionamento dei diversi sistemi di produzione elettrica, così come riepilogate nella tabella seguente.

Tabella 3.1 – Potenze degli impianti da fonte rinnovabile e convenzionale e ore equivalenti (anno 2014).

	MW	h_{eq}	Tipo
Idraulica	18418	3183	FER
Eolica	8703	1767	FER
Solare	18609	1210	FER
Geotermica	821	7206	FER
Bioenergie	4044	4586	FER
TOTALE	50595	2391	FER
Fonte convenzionale	74966	2532	CONV

Le ore di utilizzazione equivalenti sono il numero di ore annue durante le quali un impianto ha generato elettricità e sono pari al rapporto tra la produzione lorda generata in un anno e la potenza efficiente lorda installata. Se tutti gli impianti funzionassero in modo continuativo, essi produrrebbero energia per tutte le 8.760 ore comprese in un anno. Le ore di utilizzazione variano (Tabella 3.1), invece, per una molteplicità di fattori tra cui la tecnologia dell'impianto, la differente fonte energetica primaria utilizzata e le condizioni esogene (climatiche, disponibilità delle bioenergie, di mercato, ecc.) che possono condizionare la produzione.

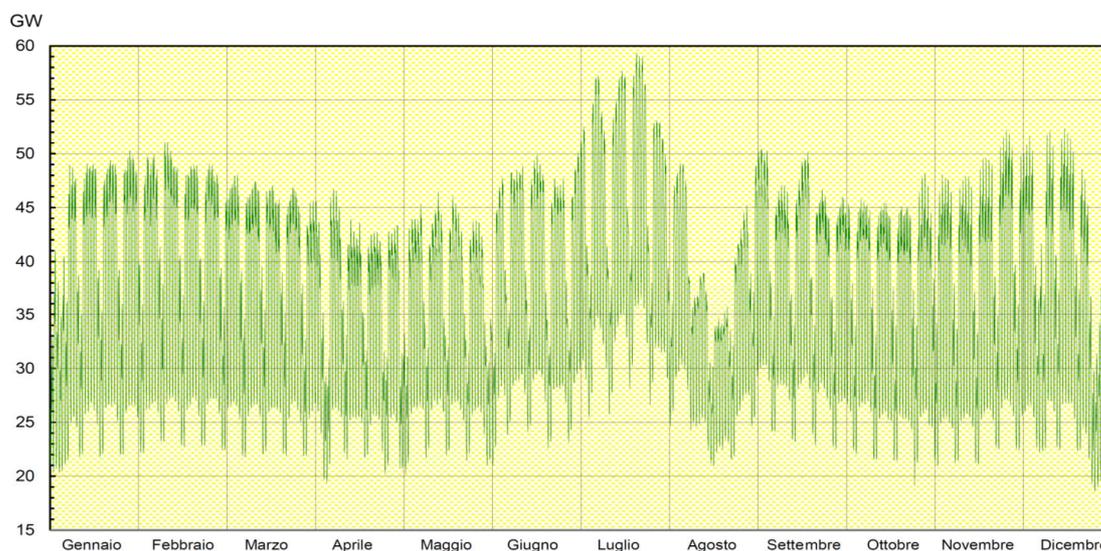


Figura 3.4 - Curva cronologica delle potenze orarie nell'anno 2015, al netto dell'assorbimento per servizi ausiliari e per pompaggi [4].

Per comprendere la situazione si considerino i due casi limite (non reali) rappresentati in Figura 3.5. Nel grafico di sinistra è rappresentato il caso limite in cui tutti gli impianti alimentati da fonte rinnovabile (non programmabile o non del tutto programmabile) si mettono a funzionare contemporaneamente. La potenza immessa in rete (circa 50,6 GW) è superiore alla domanda di elettricità complessiva, in larga parte dell'anno (Figura 3.4). Si avrebbe quindi un eccesso di produzione che il sistema non è in grado di utilizzare.

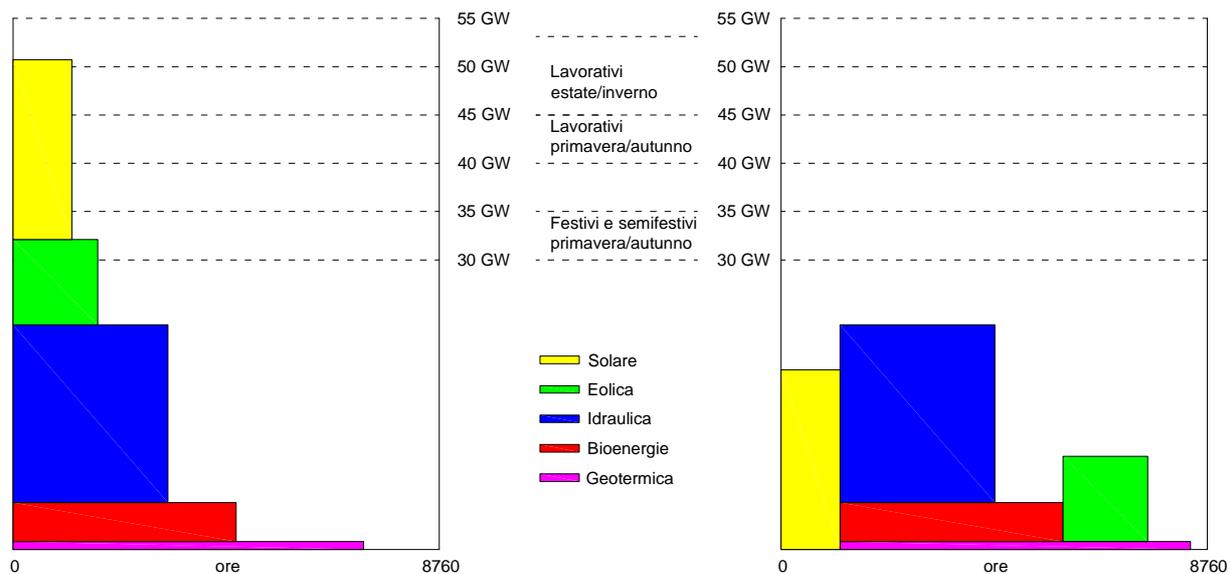


Figura 3.5 - Impianti da fonte rinnovabile - Potenze e ore equivalenti.

Esattamente opposto è il caso limite rappresentato nel grafico di destra, in cui tutti gli impianti alimentati da fonte rinnovabile si “avvicinano” in maniera ordinata. La potenza immessa in rete è sempre inferiore alla domanda di elettricità complessiva, e viene tutta utilizzata.

Le situazioni reali si collocano tra i due casi limite sopra esposti, in funzione dell’aleatorietà delle condizioni climatiche e di funzionamento degli impianti di produzione ed in funzione della domanda.

Ad oggi, il sistema elettrico nazionale, tende a registrare eccessi di produzione nei giorni semifestivi e festivi soprattutto nelle stagioni intermedie, quando l’energia non è utilizzata per esigenze di climatizzazione invernale o estiva. Visto il trend di crescita delle rinnovabili elettriche e visto il calo dei consumi causato dalla crisi economica e dall’efficientamento energetico, non è difficile immaginare un prossimo futuro nel quale gli eccessi di produzione si verifichino in periodi più estesi di quelli attuali.

Tali eccessi sono causati dalla grande produzione da fonte rinnovabile e dalle difficoltà tecniche (e dai costi conseguenti) di un blocco degli impianti termoelettrici limitato a poche ore. Di fatto, possono verificarsi situazioni in cui le centrali termoelettriche sono “costrette” ad immettere in rete energia ad un prezzo inferiore ai costi del combustibile. Altro aspetto del problema, da tenere in opportuna considerazione, è quindi la situazione di difficoltà per le centrali di produzione tradizionali che, in ogni caso, si trovano a svolgere un ruolo poco gradito di riserva calda necessario a sopperire prontamente ad eventuali cali di produzione da parte delle fonti rinnovabili, sottoposte all’aleatorietà delle condizioni climatiche.

3.3 Considerazioni sull'andamento del PUN e sull'attuale sistema di tariffazione dell'energia elettrica

L'andamento storico del Prezzo Unico Nazionale (PUN) ha confermato i caratteri principali di un trend di lunga durata, influenzato da un lato dall'esplosione delle rinnovabili e dall'altro dal calo dei consumi, evidenziando un lento ma continuo calo, anche in concomitanza di bassi costi dei combustibili fossili sui mercati mondiali [5]. Sul Mercato del Giorno Prima il PUN è sceso a valori minimi, mostrando negli ultimi anni una flessione superiore a 25 €/MWh. Soprattutto nel periodo 2014-2015 il peso rilevante di questo sensibile calo dei prezzi è attribuibile alla compressione dei costi di generazione a gas ed all'offerta delle fonti rinnovabili. La Figura 3.6 riporta i valori medi mensili ed annuali del PUN e le quantità di energia scambiate in borsa elettrica.

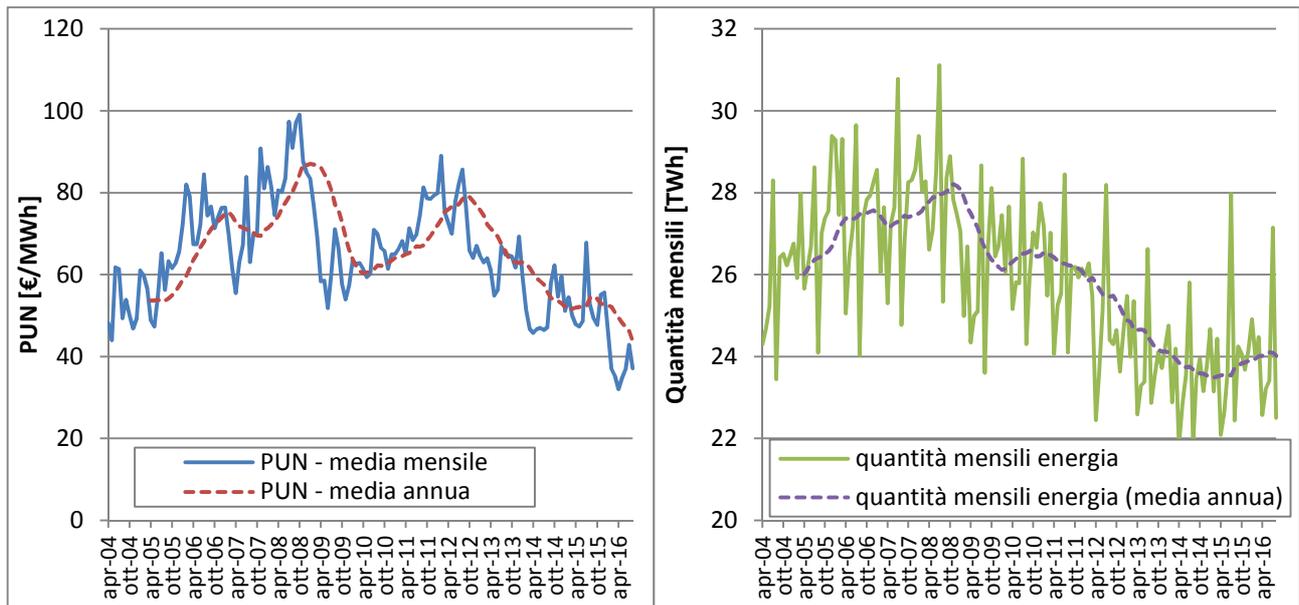


Figura 3.6 - PUN (a sinistra) e quantità (a destra) – Valori mensili e medie annue.

Il profilo medio orario del PUN riflette il rapporto tra domanda e offerta di elettricità nelle diverse ore del giorno ed ha subito negli anni interessanti evoluzioni; per effetto della diffusione delle fonti rinnovabili non programmabili e della presentazione di offerte sui mercati anche in relazione a tali impianti, si osserva un profondo cambiamento del profilo di prezzo che si forma sul mercato del giorno prima; in particolare, mentre negli anni passati (prima del 2008) i prezzi più alti si formavano nelle ore diurne, in corrispondenza della massima richiesta di energia elettrica in rete, attualmente i prezzi più alti si formano nelle ore serali, tra le 17 e le 22, con variabilità legata alla stagione, ovvero nelle ore in cui cessa progressivamente la produzione fotovoltaica, rispetto alle ore in cui tale produzione è presente.

I grafici di Figura 3.7 illustrano, per i vari anni, il radicale cambiamento del profilo dei prezzi. Al fine di evidenziare i soli profili e non anche il valore assoluto dei prezzi che dipende da molti altri fattori, primo fra tutti il prezzo delle materie prime utilizzate per la produzione dell'energia elettrica, i profili medi orari del PUN, sono stati parametrizzati rispetto al valore medio di ogni anno.

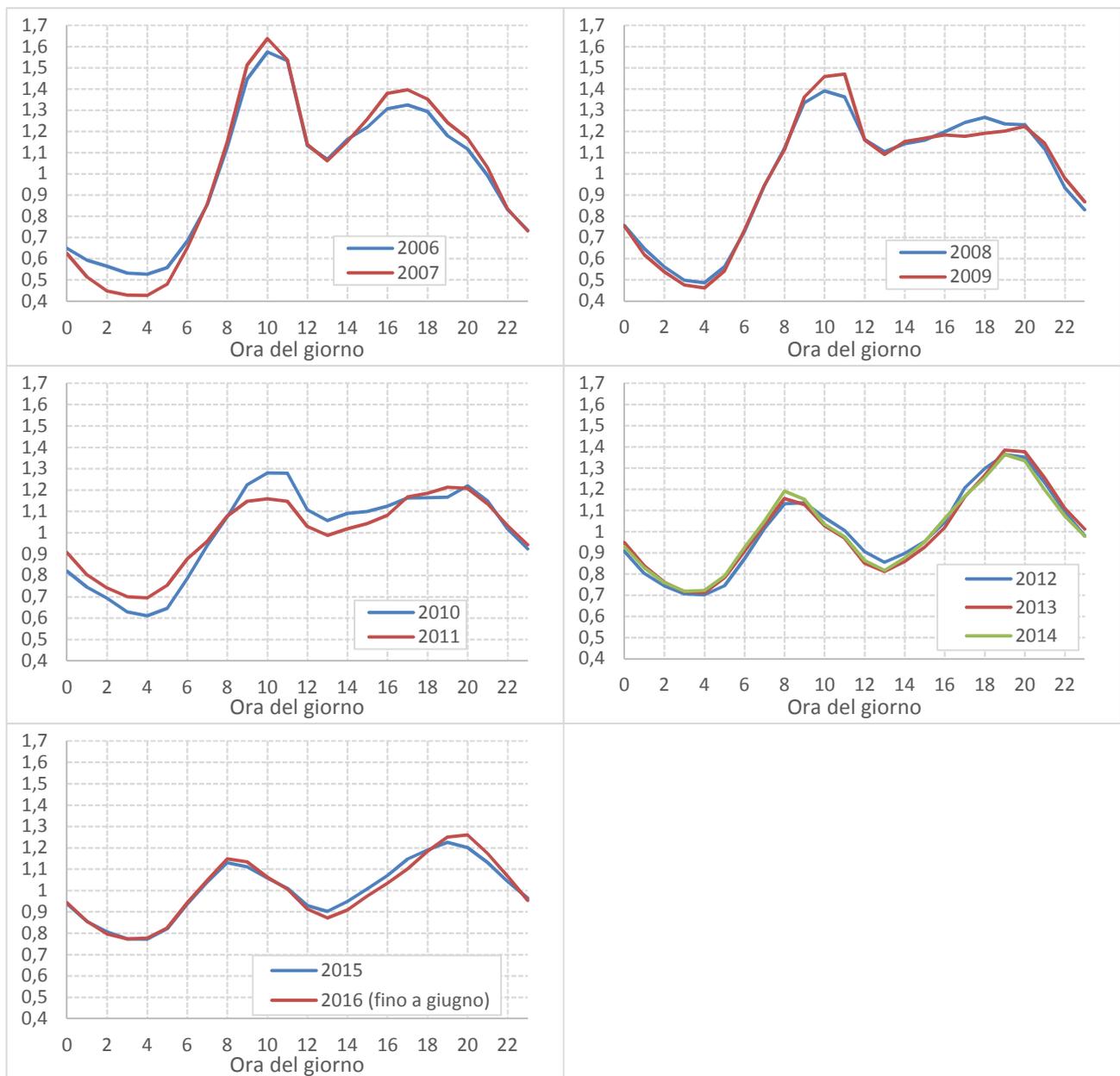


Figura 3.7 – Anni 2006 – 2016 – Profilo orario PUN parametrizzato rispetto al valore medio.

Negli anni 2006 e 2007 il profilo orario è stato caratterizzato da un picco mattutino molto evidente localizzato intorno alle 11 e da un picco serale, meno importante, localizzato intorno alle ore 18. Nelle ore diurne il prezzo dell'energia è stato superiore alla media, mentre nelle ore notturne il prezzo è stato inferiore. In termini parametrici si sono registrate grandi differenze tra i picchi mattutino (valore 1,64) e serale (valore 1,4) ed il minimo notturno (0,43).

Negli anni 2008 e 2009 il profilo orario si è mantenuto sostanzialmente simile ai due anni precedenti, con una leggera attenuazione del picco serale e con un leggero spostamento dello stesso verso le ore più tarde. In termini parametrici si sono attenuate le differenze tra i picchi mattutino (1,47) e serale (1,27) ed il minimo notturno (0,46).

Negli anni 2010 e 2011 si è assistito ad un ulteriore appiattimento dei profili, con attenuazione dei picchi mattutino e serale e con un leggero spostamento degli stessi verso le ore più tarde. In termini parametrici si sono attenuate le differenze tra i picchi mattutino (1,28) e serale (1,21) ed il minimo notturno (0,61). Si ricordi che a partire dal luglio 2010 è stata introdotta la tariffa bioraria anche per le utenze di tipo residenziale.

Negli anni 2012, 2013 e 2014, con il diffondersi degli effetti della tariffa bioraria il picco serale è divenuto più importante del picco mattutino. Inoltre i due picchi si sono divaricati temporalmente, andando il primo a localizzarsi intorno alle ore 9 ed il secondo alle ore 20. Tra i due picchi diventa evidente un minimo pomeridiano che si aggiunge al minimo notturno. Per effetto della produzione da fonte fotovoltaica, nelle prime ore del pomeriggio, iniziano a registrarsi prezzi inferiori alla media. In termini parametrici continuano ad attenuarsi le differenze tra i due picchi (1,19 e 1,36) e i due minimi (0,72 e 0,82).

Nell'anno 2015 e nei primi sei mesi del 2016, il profilo giornaliero si è ulteriormente appiattito grazie ad una più efficiente gestione degli accumuli idroelettrici e per effetto di una minore differenziazione dei prezzi dell'energia tra le diverse fasce orarie. In termini parametrici continuano ad attenuarsi le differenze tra i due picchi (1,15 e 1,26) e i due minimi (0,77 e 0,87).

Quanto analizzato sopra si riferisce allo scambio di energia elettrica effettuato in "borsa elettrica" tra operatori e non coinvolge direttamente l'utente finale consumatore di energia, che ha un prezzo d'acquisto differenziato per fasce orarie, caratterizzate da una formulazione che fatica a riprodurre il profilo giornaliero del PUN. Nei grafici che seguono (Figura 3.8) è riportato un confronto tra il profilo giornaliero del PUN nell'anno 2015 con i valori della tariffa bioraria definiti dall'Autorità per i clienti del mercato tutelato, a sinistra per i giorni lavorativi e a destra per i giorni festivi e semifestivi.

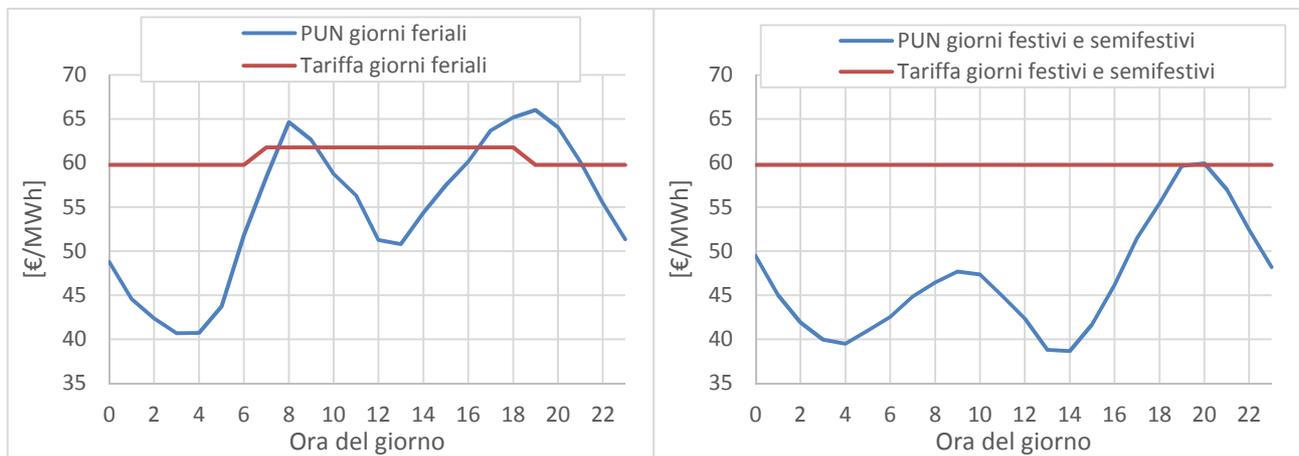


Figura 3.8 - Profilo giornaliero del PUN e valori della tariffa bioraria anno 2015; (a sinistra giorni feriali, a destra giorni semifestivi e festivi).

Dal momento che l'articolazione per fasce dei corrispettivi di vendita è stata studiata per trasferire al consumatore finale di energia elettrica il maggior costo, dando quindi il corretto segnale di prezzo, e per incentivarlo, se possibile, a consumare quando l'energia elettrica è meno cara, appare evidente quanto l'attuale distribuzione sia superata e quanto sarebbe utile una decisa riformulazione. In questa direzione si stanno muovendo, sebbene in maniera impropria, le società fornitrici di energia elettrica che offrono prezzi molto simili tra le diverse fasce orarie, arrivando in molti casi ad offrire prezzi identici per le diverse fasce orarie.

3.4 Considerazione sulla elettrificazione delle utenze residenziali

In Italia, nel 2014, i consumi di energia elettrica del settore residenziale sono stati pari a 64,1 TWh e hanno rappresentato circa il 22 % dei consumi complessivi nazionali [6]; negli anni 2010-2014 hanno visto una riduzione di circa 5,4 TWh, leggermente più marcata di quella degli altri settori, che ha portato la percentuale sul valore complessivo dal 22,4% al 22,1%.

Dal punto di vista dei consumi elettrici, nel confronto con altri Paesi il settore risulta poco elettrificato [7]; per comprendere le peculiarità dell'Italia torna utile l'impiego di indicatori specifici, quali il consumo pro-capite, il consumo per famiglia e la ripartizione tra i consumi elettrici per usi elettrici obbligati e i consumi elettrici per usi termici (riscaldamento, cottura, ACS); dall'analisi di tali indicatori risulta che:

- il consumo pro-capite è pari a 1.100 kWh/persona, contro una media europea di 1.566 kWh/persona; negli Stati Uniti e in Finlandia, il consumo risulta superiore a 4.000 kWh/persona;
- il consumo per famiglia è pari a 2.700 kWh/famiglia; negli Stati Uniti e in Finlandia, il consumo risulta superiore a 8.000 kWh/famiglia;
- la percentuale di consumi elettrici per usi termici, in Italia, è pari al 26,1%; negli altri Paesi si rilevano percentuali maggiori, con punte del 64% in Finlandia e del 52,5% in Francia.

Quanto sopra riportato si riferisce all'utente medio, rappresentativo di larga parte degli utenti italiani; vale la pena osservare che una quota del 13,4% delle utenze residenziali ha consumi superiori a 3.500 kWh, arrivando a consumare il 7,5% dei consumi elettrici del settore [8] (Tabella 3.2, Tabella 3.3).

Tabella 3.2 – Utenze residenziali italiane, anno 2014 - Ripartizione punti di prelievo tra scaglioni.

Fino a 900 kWh	901 - 1.800 kWh	1.801 - 2.640 kWh	2.641 - 3.540 kWh	3.541 - 4.440 kWh	Oltre 4.440 kWh
15,3%	45,5%	20,8%	5,1%	10,0%	3,4%

Tabella 3.3 – Utenze residenziali italiane, anno 2014 - Ripartizione consumi in scaglioni.

Fino a 900 kWh	901 - 1.800 kWh	1.801 - 2.640 kWh	2.641 - 3.540 kWh	3.541 - 4.440 kWh	Oltre 4.440 kWh
41,0%	30,5%	13,4%	7,6%	2,8%	4,7%

La motivazione della scarsa elettrificazione delle utenze residenziali italiane risiede principalmente nel sistema tariffario, caratterizzato da una progressività delle tariffe non presente in altri Paesi e da agevolazioni limitate alle utenze residenti con impegno contrattuale di 3 kW (Figura 3.9). Ciò ha limitato fortemente la diffusione di tecnologie elettriche per soddisfare i servizi termici (riscaldamento, cottura e ACS), anche a prescindere dall'efficienza energetica di alcune tecnologie (pompe di calore, piani cottura a induzione). E' in corso una graduale rimozione di tale progressività, che con buona probabilità porterà ad un incremento dei consumi elettrici.

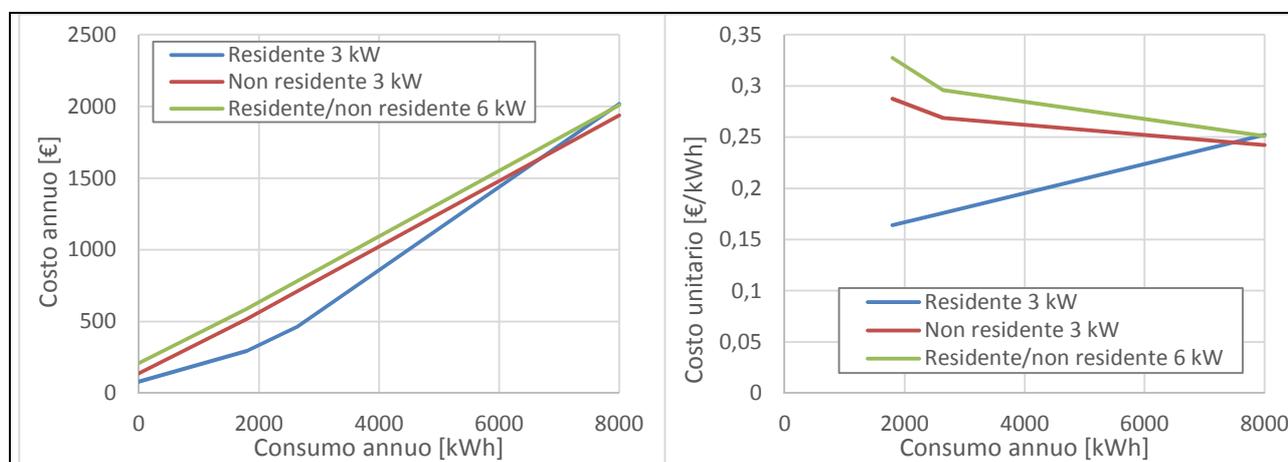


Figura 3.9 – Costi lordi per diverse tipologie di utenza (A sinistra costi totali; a destra costo unitario del chilowattora).

4 Modelli di intervento per la gestione della flessibilità della domanda

Quanto visto per il sistema elettrico italiano avviene in molti altri sistemi elettrici, che, in maniera analoga, stanno evolvendo verso un mix di generazione più decentrata e caratterizzata da una minore prevedibilità e controllabilità, soprattutto a seguito della massiccia integrazione delle fonti energetiche rinnovabili.

Per abilitare l'integrazione su larga scala delle energie rinnovabili, al fine di procedere alla decarbonizzazione dei sistemi elettrici senza mettere in pericolo la sicurezza degli approvvigionamenti, è necessario che sia fornita una maggiore flessibilità dal lato della domanda, attraverso opportuni programmi di Demand Response (nel seguito DR).

La DR è uno strumento per ridurre o posticipare investimenti più costosi sulla rete, spostando la domanda nei momenti in cui vi è più energia rinnovabile disponibile, rendendo il bilanciamento (globale e locale) più facile e riducendo nel complesso i costi di sistema [9].

I servizi che la DR può offrire al sistema elettrico sono sommariamente i seguenti:

1. l'ottimizzazione del portafoglio, che viene utilizzata da operatori del mercato per soddisfare i propri obblighi di carico a costi minimi da arbitrare tra la generazione e l'offerta su diversi orizzonti temporali;
2. la gestione della congestione strutturale, che mira a risolvere una congestione del sistema di trasmissione che può essere definita in modo univoco, essendo prevedibile e geograficamente stabile nel tempo;
3. l'occasionale gestione della congestione fisica, che mira a risolvere una congestione fisica che è imprevedibile e occasionale, ad esempio causata dalla generazione distribuita e da fonti di energia rinnovabili;
4. il bilanciamento del sistema elettrico, ovvero tutte quelle azioni e processi, attraverso cui il gestore della rete di trasmissione mantiene la frequenza del sistema all'interno di un intervallo predefinito;
5. servizi accessori, che fanno riferimento a una serie di funzioni del gestore della rete per garantire la sicurezza del sistema.

Gli interventi più semplici che possono essere messi in atto sono di tipo regolatorio, agendo sul sistema di tariffazione dell'energia elettrica, con l'obiettivo di allineare offerta e domanda dell'energia. A seconda delle caratteristiche (vantaggi/svantaggi, rischi/benefici) del sistema di tariffazione proposto, l'utente deciderà come gestire le proprie utenze, introducendo eventualmente dei sistemi di automazione. In tal senso provvederà ad individuare utenze elettriche che possano essere differite senza causare una perdita in termini di servizio reso.

Altro aspetto da considerare è che la disponibilità di energia elettrica rinnovabile (e quindi a basso costo) sulla rete può indurre a riconsiderare alcuni usi energetici, soprattutto a partire da una condizione iniziale di bassa elettrificazione come quella italiana.

Gli usi energetici di un'utenza residenziale sono infatti molteplici. In generale alcuni usi (illuminazione, forza motrice) sono stati sempre considerati come usi obbligati elettrici; per altri usi quali la preparazione cibi (cucina), la preparazione di acqua calda sanitaria e la climatizzazione invernale, la scelta del vettore energetico è sempre stata subordinata a considerazioni di tipo economico e tecnico, ricadendo nella maggior parte dei casi sul vettore gas, in ragione principalmente della convenienza economica. La sovrabbondanza ed il basso costo dell'energia elettrica può portare a riconsiderare tali scelte.

4.1 Tariffazione dinamica dell'energia elettrica

La fatturazione dell'energia elettrica è oggi generalmente effettuata utilizzando contatori intelligenti [7], che consentono di adottare sistemi di tariffazione innovativi, con l'obiettivo di allineare l'offerta e la domanda di energia elettrica in maniera tale da trasferire all'utente i costi di fornitura, così come risultanti dal mercato all'ingrosso, stimolando una partecipazione attiva dell'utente stesso.

Con questa finalità possono essere introdotti diversi sistemi di tariffazione dinamica, articolati in maniera diversa a seconda degli obiettivi che si vogliono raggiungere, e raggruppabili, sulla base di schemi tariffari già in essere, in quattro categorie:

1. Time Of Use (TOU)
2. Critical Peak Pricing (CPP)
3. Peak Time Rebate (PTR)
4. Real Time Pricing (RTP)

Alla categoria delle tariffe TOU appartiene l'attuale sistema di tariffazione vigente in Italia, con la nota suddivisione del giorno in fasce orarie, caratterizzate da diversi valori tariffari, con prezzi più elevati durante i periodi di picco e più bassi fuori picco.

Il vantaggio principale di questa categoria di tariffe è la semplice formulazione e la facile comprensione per i clienti finali, che possono programmare i propri consumi di energia elettrica, spostandoli nei periodi in cui i prezzi sono inferiori.

Tuttavia, le tariffe TOU non sono realmente "dinamiche", dal momento che le fasce orarie e i prezzi applicati in ciascuna di esse sono predefiniti e determinati in modo presuntivo, con la possibilità di rivelarsi poco idonee in presenza di generazione da fonti rinnovabili non programmabili. Inoltre, l'incentivo alla riduzione del carico nei periodi di picco può rivelarsi debole se il prezzo di "alto carico" è relativo a periodi di tempo troppo lunghi.

Nel caso del sistema con tariffe di tipo CPP si ha una tariffa costante per tutto l'anno, tranne che durante alcuni giorni "evento", durante i quali il prezzo cresce molto; i giorni evento si hanno in corrispondenza di prezzi all'ingrosso alti o in caso di gravi stress della rete; i giorni evento possono essere fissi o variabili e sono notificati al cliente con sufficiente anticipo.

Anche in questo caso si ha una struttura semplice e di facile comprensione, caratterizzata da una più forte limitazione in presenza dell'evento critico; tuttavia, le tariffe CPP possono trovare un'accettazione limitata, a causa del prezzo decisamente elevato nei periodi critici e dell'invasione costituita dal fatto di essere contattati ogni volta che si presenta un evento critico.

Di formulazione analoga, ma speculare, alle tariffe CPP sono le tariffe PTR; gli utenti ricevono un compenso se riducono i consumi (rispetto a una previsione di baseline) durante alcuni eventi critici.

Le tariffe PTR sono, in generale, meglio accettate dai consumatori rispetto alle CPP e più facilmente comprese: alla partecipazione attiva durante gli eventi critici è associato un vantaggio, senza aumento di prezzo nelle altre ore.

Più complesse sono le tariffe RTP, legate al prezzo orario di mercato dell'energia elettrica e quindi più flessibili e più efficaci per lo spostamento dei consumi da parte dell'utente. I clienti, che necessariamente devono essere dotati di specifiche tecnologie di automazione, possono essere informati sull'andamento dei prezzi orari un'ora prima o il giorno prima.

Queste tariffe sono riservate a clienti commerciali e industriali, sebbene in alcuni casi siano state già offerte anche a clienti residenziali (Paesi nordici, Spagna). Il vantaggio principale delle tariffe RTP risiede nella granularità temporale della trasmissione dei segnali di prezzo dinamici e accurati ai clienti, che possono rispondere alle mutevoli condizioni del mercato.

Ognuna delle formulazioni tariffarie presenta una serie di vantaggi e svantaggi; per incrementare i vantaggi possono anche essere offerte in combinazione tra loro o con differenziazione stagionale.

Dal punto di vista dell'utente finale, le opzioni tariffarie presentano rischi e benefici e quindi la scelta da parte dell'utente dipenderà dalla sua propensione al rischio; infatti, le opzioni che offrono maggiori benefici in termini di potenziale di risparmio sono anche le più rischiose in termini di esposizione alla volatilità dei mercati all'ingrosso dell'energia elettrica.

Un ulteriore aspetto da evidenziare è legato all'utilizzo di sistemi di automazione, che possono consentire ai clienti di monitorare il consumo e che possono agevolare la risposta a segnali di prezzo variabili, riducendo la necessità di un intervento diretto. Per massimizzare i benefici (sia per i consumatori che per il sistema elettrico) è fondamentale l'adozione di sistemi di smart metering, di facile implementazione e programmazione, meglio se affiancati da sistemi di automazione, in grado di esercitare un controllo attivo degli impianti tecnologici dell'utente.

L'Italia vanta una lunga esperienza in materia di diffusione su larga scala degli smart meter e sta pianificando l'installazione di una seconda generazione di contatori intelligenti in grado di soddisfare i nuovi requisiti richiesti dalla Direttiva Europea sull'efficienza Energetica [10] [11] [12].

L'Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico sta inoltre attuando una riforma della bolletta elettrica che, abbinata alla decisione di abbandonare il mercato tutelato per i consumatori e passare a un modello completamente liberalizzato, potrebbe ampliare il numero di consumatori interessati alla sperimentazione di nuove opzioni tariffarie.

4.2 Modelli di aggregatore basati sul Demand Response della componente elettrica

In linea di principio, gli utenti possono offrire i loro servizi di DR domanda senza l'intervento di un intermediario; tuttavia, i singoli utenti, soprattutto se chiamati ad affrontare direttamente degli investimenti, potrebbero decidere di non partecipare.

Questo è il motivo per cui può diventare necessaria la figura di un intermediario, che agevoli i consumatori residenziali a fornire flessibilità sulla propria domanda di energia elettrica.

Gli intermediari, indicati anche come "aggregatori" in letteratura, sono soggetti che facilitano l'operazione di DR tra i consumatori, che si adoperano per fornire flessibilità e che usano la flessibilità per ottimizzare le proprie attività [9], secondo lo schema di principio di Figura 4.1.

Secondo la definizione del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 l'aggregatore è un "fornitore di servizi che, su richiesta, accorpa una pluralità di unità di consumo, ovvero di unità di consumo e di unità di produzione, per venderli o metterli all'asta in mercati organizzati dell'energia".

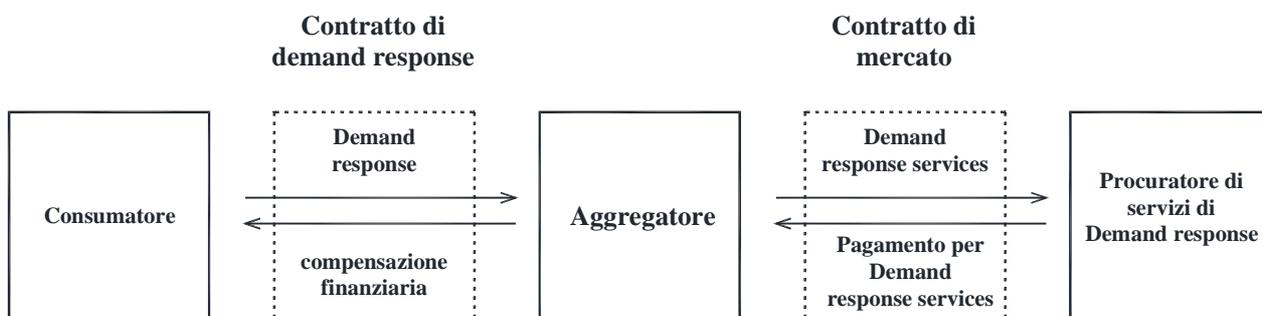


Figura 4.1 - Interazione tra consumatori, intermediari e procuratori di servizi di Demand Response [9].

Sono diversi i soggetti che possono svolgere il ruolo di aggregatore per la DR e sono diversi gli impatti che soggetti diversi possono avere sui consumatori; in linea generale si possono raggruppare in tre tipologie rappresentative:

- i fornitori, ovvero i soggetti che, oltre ad essere un intermediario per i servizi di DR, forniscono anche servizi di fornitura dell'energia elettrica per il consumatore; in questo doppio ruolo, il servizio di DR offerto dai fornitori potrebbe essere influenzato dalla sua attività di fornitura dell'energia;
- terze parti, ovvero enti con scopo di lucro che svolgano la fornitura del servizio di DR come attività principale (le ESCO sono un potenziale aggregatore);
- una cooperativa di consumo, che si riferisce ad un ente senza scopo di lucro composta da un'aggregazione di consumatori (Energy Community, condomini); queste entità sono in genere piccole e localizzate, ad esempio organizzate a livello di quartiere o da associazioni di consumatori.

Esistono costi di gestione per lo svolgimento dell'attività di aggregatore e sono legati sia alle competenze che deve possedere, sia alle economie di scala che possono essere raggiunte dai diversi soggetti. Un fornitore ha già le competenze necessarie e, di conseguenza, ha un basso costo rispetto ad una terza parte e ad una cooperativa di consumo; è infatti più difficile, per queste, raggiungere elevate economie di scala a causa dei maggiori costi per acquisire clienti, che sono un problema tipico per i nuovi operatori del mercato; tuttavia, possono essere interessate al ruolo di aggregatore terze parti che hanno già una natura commerciale, sebbene non legata all'energia elettrica, e che hanno già una base di clienti (es. società di telecomunicazioni), e che possono quindi ridurre i costi legati alla acquisizione di nuovi clienti. La cooperativa di consumo potrebbe essere il modello con i più alti costi di gestione, non solo perché le cooperative di consumo sono di solito estremamente locali (ad esempio livello di quartiere), ma anche perché sono comunemente formate da clienti che non dispongono di una formazione specifica o esperienza nel settore.

Perché il servizio di DR funzioni correttamente è necessario che ci sia una pluralità di operatori, con caratteristiche diverse e in grado di offrire contratti diversi, appropriati alle esigenze degli utenti consumatori che vengono coinvolti. Inoltre, è importante che non venga a generarsi un operatore con posizione dominante, garantendo una corretta concorrenza, al fine di salvaguardare i benefici dei consumatori dalla partecipazione alla DR.

4.2.1 Demand Response di tipo esplicito o di tipo implicito

Il servizio di DR può essere di tipo esplicito o di tipo implicito [13].

Negli schemi di DR di tipo esplicito (incentive-based) il carico aggregato è scambiato nei mercati dell'energia elettrica, unitamente a servizi analoghi sul lato dell'offerta, e riceve gli stessi prezzi. Di solito questo avviene all'interno dei mercati di bilanciamento; i consumatori ricevono pagamenti diretti per cambiare il loro consumo a seguito di una richiesta, che in genere è innescata dall'attivazione di servizi di bilanciamento, di differenze nei prezzi dell'energia elettrica o di un vincolo sulla rete. I consumatori possono guadagnare dalla loro flessibilità nel consumo di energia elettrica singolarmente o contraendo attraverso un aggregatore.

Negli schemi di DR di tipo implicito (prices-based) i consumatori che hanno scelto di essere esposti a prezzi variabili nel tempo dell'energia elettrica o delle tariffe di rete (o entrambi) reagiscono a queste differenze di prezzo a seconda delle proprie possibilità e dei propri vincoli (senza impegno).

È importante notare che i due schemi di Demand Response non sono l'uno il sostituto dell'altro. I consumatori possono partecipare alla DR esplicita attraverso un aggregatore, e, allo stesso tempo, partecipano anche al programma di DR implicita, attraverso tariffe più o meno dinamiche. I requisiti e vantaggi di ciascuno sono diversi e si possono sommare, dal momento che i due schemi hanno scopi diversi all'interno dei mercati e sono valutati in modo diverso. Mentre i consumatori in genere ricevono una bolletta più bassa in un sistema di tariffazione dinamica, ricevono un pagamento diretto per la partecipazione a un programma di DR esplicita.

In altri termini, la DR esplicita fornisce uno strumento operativo valido e affidabile per i gestori del sistema di regolare il carico e di risolvere i problemi operativi. Diversamente, la DR implicita non è uno strumento operativo, ma piuttosto permette ai consumatori di beneficiare di fluttuazioni di prezzo nei mercati all'ingrosso dell'energia nella misura in cui sono disposti e in grado di farlo. Inoltre, un programma di tariffazione dinamica non consente a un consumatore di partecipare al mercato di bilanciamento, che attualmente rappresenta una grossa fonte di reddito e non offre servizi di dispacciamento utili al Gestore della Rete di Trasmissione e al Distributore. D'altra parte, la DR esplicita non ha la stessa portata di mercato di un programma di tariffazione dinamica. Entrambe le forme risultano pertanto utili e consentono ai consumatori di partecipare a pieno titolo ai mercati e di trarre beneficio dalla loro flessibilità.

La DR implicita richiede adeguate tecnologie di comunicazione e di misurazione per ogni consumatore, strutture di fatturazione da parte del rivenditore e meccanismi di feedback e di comunicazione per i consumatori. Si richiede inoltre la fornitura di informazioni precise per guidare i clienti (ad esempio attraverso siti web di confronto), in modo che non siano penalizzati da un programma di tariffazione dinamica che non soddisfa i loro modelli di consumo e di adeguate misure di tutela per i consumatori vulnerabili.

La DR esplicita richiede adeguate regole di partecipazione al programma, adeguate tecnologie di comunicazione e di misurazione, e la creazione di processi standardizzati tra il Responsabile del Servizio di Bilanciamento e gli aggregatori indipendenti. Le misure di protezione per i consumatori sono meno complicate dal momento che i consumatori ricevono solo benefici in caso di partecipazione (se non cambiano il comportamento quando richiesto, perdono semplicemente il pagamento diretto). Invece, l'aggregatore assume il rischio di performance, utilizzando l'effetto di portafoglio dei suoi fornitori per assicurare che collettivamente forniscano il necessario livello di risposta.

La Figura 4.2 riporta una mappa dello sviluppo di programmi di DR richiesta in Europa al 2015 [14].

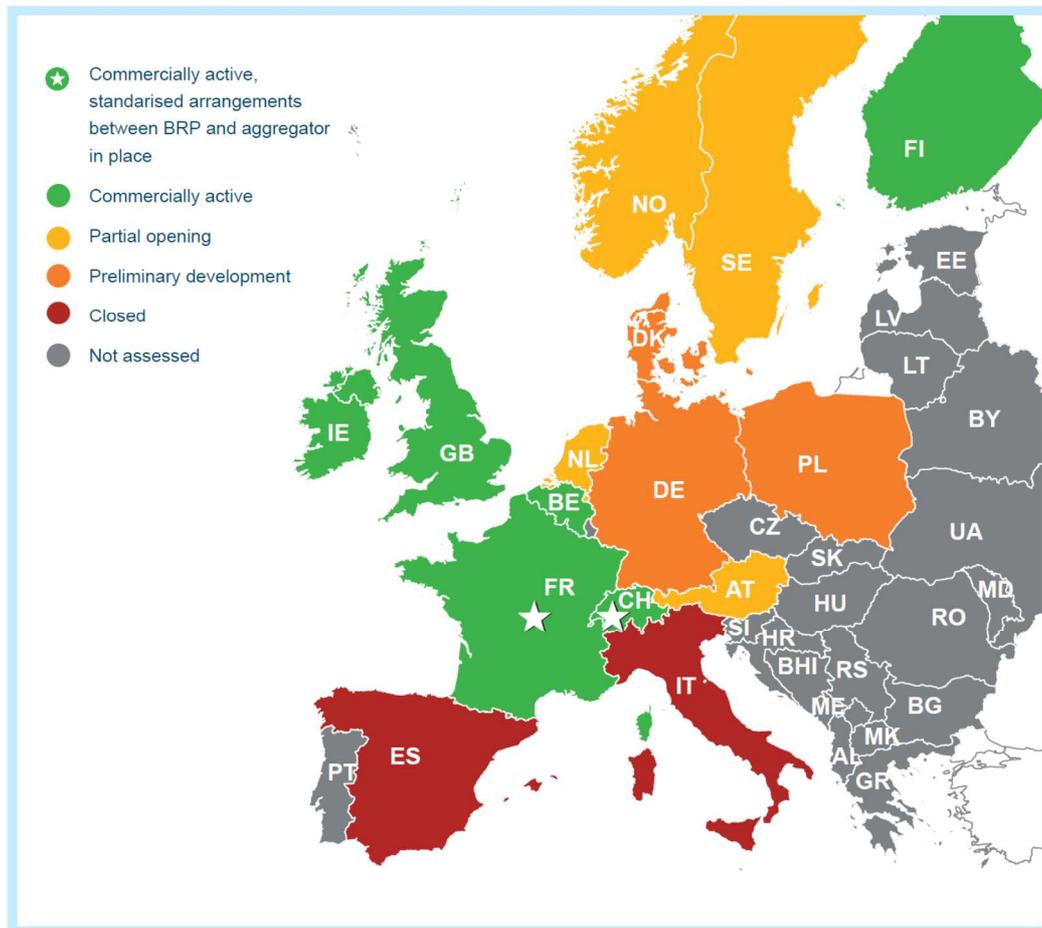


Figura 4.2 - Mappa di programmi di Demand Response di tipo esplito in Europa al 2015.

4.2.2 I vantaggi dell'aggregazione

L'aggregatore (un fornitore di servizi che può o non può essere anche un fornitore di energia elettrica) rappresenta un nuovo ruolo all'interno dei mercati europei dell'energia elettrica. La maggior parte dei consumatori non hanno i mezzi per negoziare direttamente nei mercati dell'energia perché, per esempio, sono troppo piccoli per gestire la complessità. Essi richiedono pertanto i servizi di un aggregatore per aiutarli a partecipare. L'aggregatore unisce carichi di caratteristiche diverse e fornisce una riserva per i carichi individuali come parte dell'attività di messa in comune, aumentando l'affidabilità complessiva e riducendo i rischi per i singoli partecipanti. I fornitori dei servizi di aggregazione sono pertanto attori fondamentali nella creazione di un'attiva partecipazione. L'aggregatore somma le diverse flessibilità dei consumatori per costruire un servizio di Demand Response affidabile e può negoziare accordi anche con consumatori di categorie diverse (industriali, commerciali, residenziali; per massimizzare i vantaggi dell'aggregazione è necessaria una certa diversità del portafoglio aggregato), creando un carico controllabile complessivo, fatto di tante piccole utenze, e vendendolo come una singola entità.

Per questo obiettivo l'aggregatore deve:

- identificare e selezionare potenziali gruppi di consumatori che vogliono vendere la propria flessibilità; per fare questo in modo efficiente, l'aggregatore deve avere una buona conoscenza dei propri consumatori in modo da poterli classificare e dividere in base al profilo di consumo e alla disponibilità a modificare il proprio consumo energetico;
- identificare e selezionare la distribuzione geografica dei propri consumatori; avere un volume minimo di consumatori per ogni data zona geografica consente di sviluppare un'attività sostenibile sia tecnicamente che economicamente.

E' importante riconoscere che l'attività di aggregare i carichi dei consumatori richiede competenze molto specifiche, per individuare le flessibilità (e le limitazioni di quelle flessibilità) nelle varie attività e nei vari processi tecnici. I consumatori, al contrario, spesso non conoscono le proprie potenziali flessibilità. Inoltre, gli aggregatori offrono la loro capacità tecnica per collegare fisicamente il clienti e integrare i loro carichi. Queste attività richiedono una complessa infrastruttura di comunicazione (hardware e software) e un sistema informatico centrale in grado di trattare un'ampia varietà di carichi con diverse proprietà. In Figura 4.3, Figura 4.4, Figura 4.5 sono riportati degli esempi di DR a livello europeo.

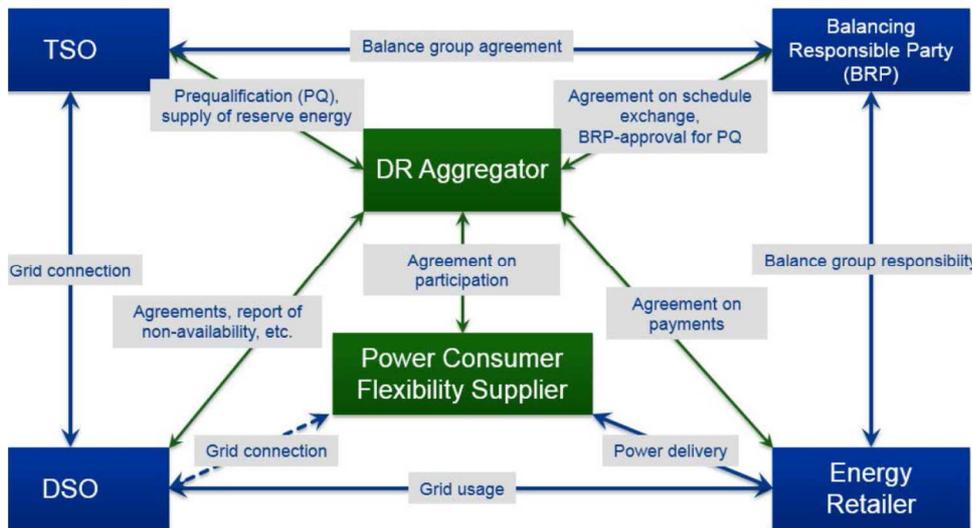


Figura 4.3 – Demand Response – L'esempio della Germania (Fonte EnerNOC)

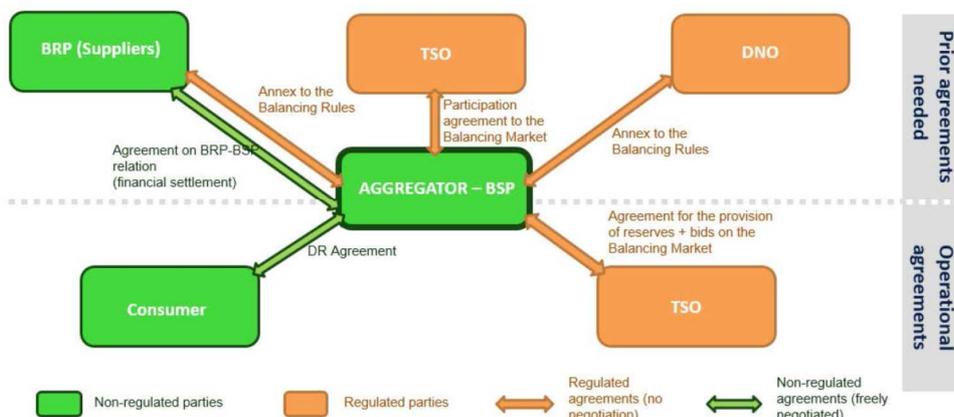


Figura 4.4 - Demand Response – L'esempio della Francia (Fonte Energy Pool)

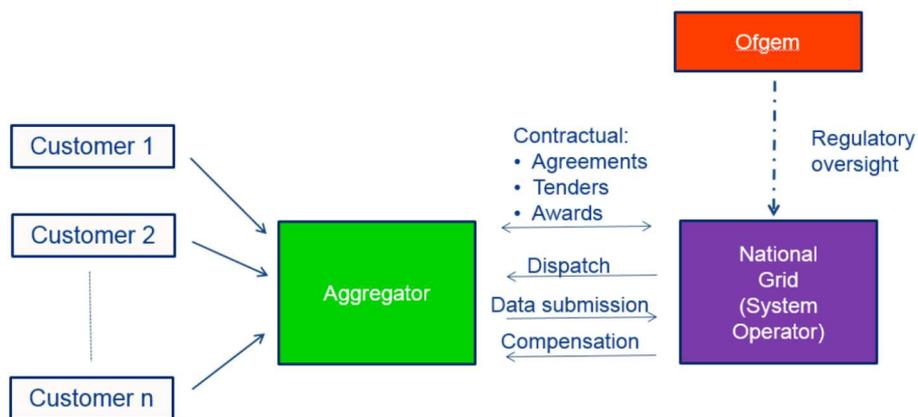


Figura 4.5 - Demand Response – L'esempio del Regno Unito (Fonte EnerNOC)

4.3 Sistemi di monitoraggio dell'energia, comunicazione all'aggregatore dei dati e interazione con l'utente

Il principale obiettivo della relazione fra aggregatore e consumatori è quello di raccogliere le flessibilità dei consumatori per creare dei prodotti di Demand Response.

Considerando il rapporto tra il consumatore e l'aggregatore, ci si aspetta che l'aggregatore riceva periodicamente informazioni sul profilo nominale di carico del consumatore, recuperando i dati dal contatore oppure da un Energy Box (un controllore dei consumi che provvede all'automazione degli impianti tecnologici dell'abitazione, coordinando eventuali produzioni e consumi con l'obiettivo della minimizzazione dei costi a parità di servizi resi, sulla base delle preferenze impostate).

Tali dati saranno utilizzati per validare la classificazione e il profilo dei consumatori e per sviluppare ulteriori conoscenze su di essi. Ulteriori informazioni sui consumatori saranno ottenute sulla base dei feedback (ovvero le risposte ai segnali dell'aggregatore). Confrontando i risultati effettivi con quelli precedentemente acquisiti si incrementa la conoscenza del consumatore.

L'aggregatore, attraverso l'invio di segnali prezzo-volume, richiede ai consumatori di modificare il proprio carico, ottenendo così le flessibilità da raccogliere. Questi segnali invitano il consumatore a modificare (diminuire o aumentare) il proprio carico di un determinato volume in cambio di un dato incentivo per un dato intervallo temporale; tali segnali contengono le seguenti informazioni:

- prezzo, da considerarsi come un incentivo per arrivare ad una migliore comprensione degli effetti sulla bolletta dei consumatori;
- volume;
- istante di inizio della riduzione richiesta;
- istante di fine della riduzione richiesta.

L'aggregatore comunica con i consumatori tramite un Energy Box attraverso una infrastruttura di comunicazione adeguata.

Gli scambi di informazioni tra gli aggregatori e i consumatori possono essere realizzati in modi diversi:

- collegamento diretto con l'Energy Box;
- collegamento attraverso gli apparecchi di misurazione e/o le infrastrutture del distributore; in questo caso l'infrastruttura può essere utilizzata per raggiungere l'Energy Box tramite il contatore e trasmettere messaggi tra l'aggregatore e i suoi consumatori.

Il monitoraggio e la valutazione della fornitura di servizi di DR implica due aspetti:

- la valutazione delle prestazioni dell'aggregatore nella fornitura di prodotti DR ai compratori; per fare questo è necessaria la definizione di curve di consumo da usare come riferimento;
- la misurazione della risposta dei consumatori alle richieste dell'aggregatore.

Per l'aggregatore è necessario il monitoraggio e la verifica della risposta di ogni singolo consumatore. Possono essere utilizzati per tale scopo i prerequisiti tecnici utili per lo sviluppo della DR, che sono:

- dei contatori intelligenti;
- un'infrastruttura di comunicazione adeguata;
- la standardizzazione dei canali di comunicazione.

Il contatore è probabilmente il dispositivo più consono per la raccolta dei dati relativi al consumo. Inoltre è importante che ci sia un'infrastruttura adeguata per l'acquisizione di dati e la possibilità di registrare una grande quantità di dati in un server/database centrale.

5 Analisi delle utenze elettriche e termiche di tipo residenziale

Gli usi energetici, nel settore residenziale, possono essere sommariamente divisi in usi energetici per riscaldamento e per raffrescamento degli ambienti, per la preparazione di acqua calda sanitaria, per cottura cibi, per illuminazione e per gli elettrodomestici. Complessivamente rappresentano circa un quarto degli impieghi finali di energia del nostro paese e costituiscono quindi una porzione considerevole sulla quale è possibile intervenire per individuare potenziali di risparmio energetico e di flessibilità.

Per arrivare ad una caratterizzazione completa delle utenze domestiche e per individuare possibili scenari migliorativi della situazione attuale conviene procedere con un'analisi delle utenze elettriche e termiche, valutandone le caratteristiche in termini di flessibilità di gestione, di consumi energetici, di impegni di potenza e di tempo [9].

Una prima classificazione delle utenze in ambito domestico può essere effettuata distinguendo i carichi (elettrici o termici) in funzione della prevedibilità degli stessi; tuttavia, la correlazione tra "prevedibilità" e "flessibilità" di un carico non è semplice; il fatto che un carico sia "prevedibile", non significa necessariamente che tale carico possa essere facilmente differito o rinviato; inoltre, la prevedibilità del consumo di energia è molto correlata al comportamento del consumatore, che risulta necessariamente variabile.

Una seconda modalità di classificazione (Figura 5.1) si riferisce più direttamente alla natura del carico, distinguendo cinque tipi di carico:

- carico accumulabile; il consumo di energia può essere disaccoppiato dal servizio reso in virtù di un accumulo che può essere di tipo diverso (accumulo elettrochimico, inerzia termica, ecc.);
- carico differibile; il consumo di energia può essere spostato nel tempo senza influire sul servizio reso; un carico spostabile può comportare anche un processo non interrompibile (come un ciclo di lavanderia) e richiedere quindi una pianificazione;
- carico interrompibile; il consumo di energia non può essere spostato senza influire sul servizio reso, ma il servizio può essere interrotto anche immediatamente;
- carico di base (non interrompibile); quando l'utenza ha bisogno di potenza istantanea e non può essere interrotta o spostata nel tempo;
- autogenerazione; la produzione di energia elettrica effettuata da parte del consumatore, che, in certi casi può essere utilizzata come alimentazione di back-up.

Autogenerazione	Mix di carico			
	Carichi non accumulabili			Carichi accumulabili
	Carichi non differibili		Carichi differibili	
	Carichi di base	Carichi interrompibili		
Fotovoltaico, micro-CHP, micro-eolico, imp. a biomassa, ecc.	Antifurto, TV, automazione, illuminazione, ecc.	PC, TV, illuminazione, strumenti multifunzione, ecc.	Lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie, aspirapolvere, ecc.	Produzione ACS, accumuli elettrochimici, riscaldamento, raffrescamento, veicoli elettrici, ecc.

Figura 5.1 – Mix di carico generico.

Seguendo la seconda classificazione, nel seguito sarà sviluppata una caratterizzazione delle utenze utile a valutare, per il settore domestico, i carichi potenzialmente accumulabili, i carichi potenzialmente differibili e i restanti carichi.

5.1 Carichi accumulabili

5.1.1 Preparazione acqua calda sanitaria

Nel comparto residenziale, la preparazione dell'acqua calda sanitaria, preferibilmente, è sempre stata effettuata con sistemi a combustione, per ragioni economiche legate all'acquisto ed alla disponibilità dell'energia.

L'indagine ISTAT sui consumi energetici delle famiglie [15] rivela una larga diffusione di impianti autonomi, con una distribuzione per tipologia del tutto simile a quella del riscaldamento dell'abitazione. La tipologia di dotazione (unica o prevalente) più comune è l'impianto autonomo (73,9%), seguita dagli apparecchi singoli (20,4%) e dagli impianti centralizzati (5,8%); la forte convergenza tra le tipologie di impianti di riscaldamento dell'abitazione e dell'acqua è da porre in relazione all'elevata incidenza di famiglie che adottano lo stesso impianto per entrambi gli utilizzi (64,7%). Con riferimento alla fonte energetica utilizzata (Tabella 5.1), la maggior parte degli apparecchi singoli è alimentata elettricamente (14,4% dei casi).

Tabella 5.1 – Famiglie per fonte di alimentazione dell'impianto unico o prevalente di riscaldamento dell'acqua, ripartizione, composizione percentuale.

	Metano	Energia elettrica	Biomasse	GPL	Gasolio	Energia solare	Totale
Nord - Ovest	81,6	8,9	1,2	4,2	3,3	0,8	100,0
Nord - Est	81,1	4,4	2,0	6,5	5,0	1,0	100,0
Centro	71,3	16,3	2,6	6,9	2,1	0,7	100,0
Mezzogiorno	58,0	24,3	3,6	11,7	1,8	0,5	100,0
Italia	71,9	14,4	2,4	7,6	2,9	0,7	100,0

I consumi energetici per acqua calda sanitaria in residenze dotate di scaldabagno elettrico (tradizionale, con resistenza elettrica e serbatoio di accumulo) [16] dipendono dalla composizione del nucleo familiare; nell'ipotesi che l'apparecchio installato sia di una dimensione adeguata alle normali necessità della famiglia (ossia volume proporzionato al numero di utilizzatori) e che vi sia una presenza solo parziale di riduttori di flusso ai punti di erogazione, i consumi annui risultano pari a 694, 1049, 1401, 1750, 2097 kWh/anno per famiglie di 1, 2, 3, 4 e 5 persone. La media pesata su tutte le tipologie di famiglie è di circa 1200 kWh/anno. I consumi energetici per acqua calda sanitaria in residenze dotate di scaldabagno a gas possono essere considerati uguali a quelli sopra esposti, in virtù del medesimo valore del rendimento medio stagionale dei diversi sistemi di produzione [17].

I consumi energetici di uno scaldabagno a pompa di calore possono essere calcolati considerando un COP della pompa di calore pari a 2,85.

La Tabella 5.2 riepiloga i dati di consumo sopra indicati e riporta un calcolo dei consumi medi giornalieri e degli impegni orari di potenza considerando caratteristiche medie tra gli apparecchi presenti sul mercato.

Tabella 5.2 – Consumi energetici e impegni di potenza per la preparazione di acqua calda sanitaria.

	Consumo annuo	Consumo giornaliero	Potenza elettrica	Potenza termica	Ore di funzionamento giornaliero
	[kWh]	[kWh]	[kW]	[kW]	[h]
Scaldabagno elettrico tradizionale	1200	3,3	1,2	--	2,7
Generatore a gas di tipo istantaneo per produzione di acqua calda sanitaria	1200	3,3	--	24	0,15
Scaldabagno a pompa di calore	400	1,1	0,3	--	3,7

In presenza di un impianto solare termico, solitamente funzionante con integrazione da parte di uno dei sistemi sopra descritti, i consumi energetici possono essere ottenuti dalla tabella precedente, in funzione del grado di integrazione; se si considera la pratica comune di dimensionare l'impianto solare termico per coprire

circa la metà dei fabbisogni di acqua calda sanitaria, i consumi energetici possono essere, in prima approssimazione, considerati pari alla metà dei consumi sopra esposti.

La Tabella 5.2 riporta una stima del numero di ore di funzionamento giornaliero, ma non indica la collocazione giornaliera degli impegni di potenza; secondo quanto riportato in [18], i prelievi di energia elettrica degli scaldabagni sono caratterizzati da due picchi, il primo intorno alle 9:00 e il secondo intorno alle 21:00.

Tuttavia, la presenza di un sistema di accumulo può facilmente consentire una diversa collocazione giornaliera degli impegni di potenza. Considerando che in Italia ci sono circa 26 milioni di famiglie [19], alla luce dei dati sopra esposti, il potenziale di accumulo, realizzabile con i sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria nelle utenze residenziali, è decisamente significativo, compreso tra 1,1 e 4,5 GW per un periodo di tempo di 3-4 ore, a seconda della tecnologia utilizzata (Tabella 5.3).

Tabella 5.3 – Potenziale di accumulo in sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria nel comparto residenziale, nella situazione attuale.

	Potenza elettrica	Numero famiglie	Percentuale di impianti con fonte elettrica	Potenza elettrica
	[kW]	[-]	[%]	[GW]
Scaldabagno tradizionale	1,2	25.816.311	14,4%	4,5
Scaldabagno a pompa di calore	0,3	25.816.311	14,4%	1,1

Ipotizzando una totale elettrificazione delle utenze di preparazione dell'acqua calda sanitaria nel comparto residenziale con soli scaldabagni a pompa di calore, il potenziale di accumulo risulterebbe molto più alto e potrebbe raggiungere valori di 7,7 GW per un periodo di circa 4 ore (Tabella 5.4.)

Tabella 5.4 – Potenziale di accumulo in sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria nel comparto residenziale, nell'ipotesi di totale elettrificazione delle utenze.

	Potenza elettrica	Numero famiglie	Percentuale di impianti con fonte elettrica	Potenza elettrica
	[kW]	[-]	[%]	[GW]
Scaldabagno a pompa di calore	0,3	25.816.311	100,0%	7,7

5.1.2 Apparecchi con batteria

Nella dotazione delle famiglie italiane [20], sono presenti apparecchiature elettriche di tipo diverso (Figura 5.2), che in alcuni casi sono dotate di batteria (accumulo elettrochimico). Si tratta di apparecchi spesso di piccola taglia, che considerati complessivamente possono costituire un potenziale di accumulo significativo.

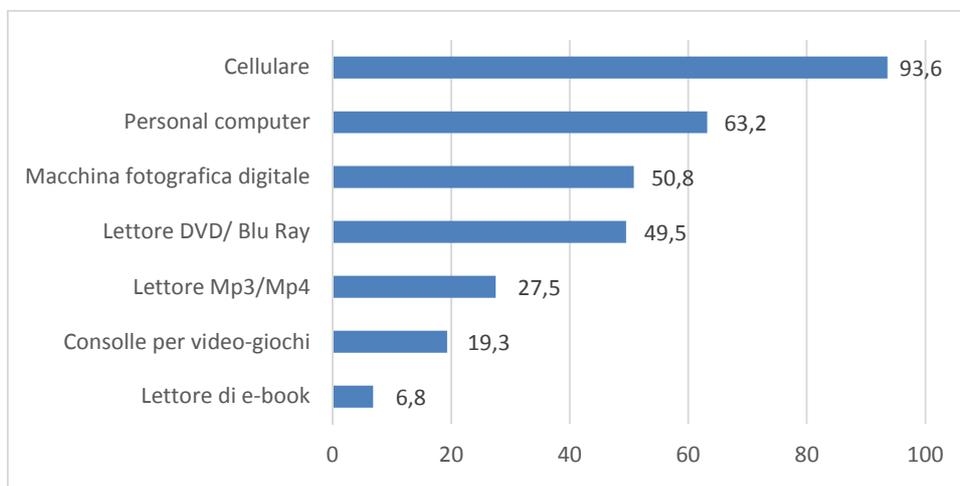


Figura 5.2 - Numero di apparecchi per 100 famiglie (fonte ISTAT).

Non sono presenti in letteratura dati circa l'utilizzo quotidiano delle apparecchiature elettriche e quindi la stima dei consumi energetici e del potenziale di accumulo è stata effettuata solo per telefoni cellulari e per computer portatili, sulla base di caratteristiche tecniche medie e ipotizzando una ricarica giornaliera. Considerando che in Italia ci sono circa 60 milioni di telefoni cellulari (e che la ricarica di ognuno richiede circa 5W per una durata di 1-2 ore) e circa 10 milioni di computer portatili (80 W per una durata di 1-2 ore), il potenziale di accumulo correlato a tali apparecchiature è di circa 1 GW per una durata di 1-2 ore. Tale potenziale cresce, ovviamente, considerando in maniera analoga le altre apparecchiature dotate di batteria.

5.1.3 Riscaldamento degli edifici

L'indagine ISTAT [15] rivela che circa il 98% delle famiglie possiede un impianto per il riscaldamento dell'abitazione, con percentuali minori nelle regioni del Sud. Gli impianti di riscaldamento più diffusi sono di tipo autonomo (65,8% delle famiglie); seguono gli apparecchi singoli fissi o portatili (18,5% delle famiglie) e gli impianti centralizzati (15,7%) (Tabella 5.5).

Tabella 5.5 – Famiglie per presenza/assenza e tipologia di impianto unico o prevalente di riscaldamento dell'abitazione, per ripartizione, composizione percentuale.

	Impianto centralizzato	Impianto autonomo	Apparecchi singoli fissi o portatili	Impianto non presente
Nord - Ovest	30,7	59,1	10,2	..
Nord - Est	12,3	72,9	14,8	..
Centro	14,7	70,8	14,6	1,1
Mezzogiorno	4,6	64,1	31,3	5,3
Italia	15,7	65,8	18,5	2,0

Tabella 5.6 – Famiglie per tipologia di impianto unico o prevalente di riscaldamento dell'abitazione, per fonte di alimentazione dell'impianto, composizione percentuale.

	Impianto centralizzato	Impianto autonomo	Apparecchi singoli fissi	Apparecchi singoli portatili	Totale
Metano	83,8	86,5	6,1	-	70,9
Energia elettrica	1,4	0,4	17,7	54,2	5,1
Biomasse	0,7	4,8	73,9	-	14,5
GPL	2,5	5,3	2,3	45,8	5,8
Gasolio	11,6	3,0	-	-	3,7

Il riscaldamento degli edifici, soprattutto di quelli con destinazione d'uso residenziale, è quasi universalmente (94,9%) effettuato attraverso sistemi a combustione (gas, gasolio, biomassa) in ragione principalmente della convenienza economica (Tabella 5.6). L'impianto di riscaldamento (durante l'inverno) viene utilizzato, in media, per poco meno di 8 ore al giorno, con utilizzo più frequente nelle ore pomeridiane (dalle ore 13:00 alle 21:00).

I consumi energetici del comparto residenziale [6] per il servizio di riscaldamento sono circa 24 Mtep; i combustibili utilizzati sono il gas metano (~ 15 Mtep), le biomasse (in particolare legna da ardere, ~ 6 Mtep), il gasolio (~ 1,2 Mtep), il GPL (~ 1,2 Mtep) e in quantità trascurabile altri prodotti energetici (carbone, coke, benzina, petrolio lampante, olio combustibile e gas manifatturato).

Sebbene larga parte delle residenze sia riscaldata attraverso impianti a combustione, il mutato scenario energetico potrebbe indurre ad un ripensamento di molte situazioni spingendo verso l'impiego di energia elettrica, in sistemi ibridi o in sistemi alimentati totalmente ad elettricità, che nella configurazione migliore prevedono l'uso di pompe di calore e di sistemi di accumulo.

A livello tecnico la trasformazione degli impianti di climatizzazione invernale a combustione in impianti ad alimentazione elettrica (a pompa di calore o ibridi) può talvolta presentare complessità e costi che la

potrebbero rendere poco praticabile. Occorre operare una distinzione tra gli edifici, in funzione dei consumi specifici e dei sistemi impiantistici:

- per i nuovi edifici, con bassi consumi specifici, la progettazione dovrebbe essere orientata all'integrazione di sistemi di generazione dell'energia termica ad alimentazione elettrica (pompe di calore) con accumulo e sistemi di distribuzione dell'energia a bassa temperatura in grado di massimizzare l'utilizzo dell'energia accumulata;
- per gli edifici esistenti, in presenza di consumi specifici non bassi e di sistemi impiantistici funzionanti ad alta temperatura, la realizzabilità tecnica è più complessa, sebbene si possano comunque ipotizzare soluzioni ibride, con integrazione di sistemi diversi anche per il riscaldamento solo di alcune zone dell'edificio.

Volendo dare una prima indicazione sul potenziale realizzabile presso l'utente finale sono stati considerati i dati di consumi e le ore di funzionamento giornaliero sopra esposte ed una durata di 150 giorni della stagione di riscaldamento. Con la evidente approssimazione della metodologia di calcolo adoperata, si può affermare che la potenza termica degli impianti di riscaldamento invernale attualmente funzionanti in Italia al servizio del comparto residenziale è stimabile in 200-300 GW. Ipotizzando una totale elettrificazione delle utenze di riscaldamento nel comparto residenziale con sistemi a pompa di calore, e assumendo un COP pari a 3 delle pompe di calore, il potenziale di accumulo risulterebbe molto alto e potrebbe raggiungere valori di 65-100 GW per un periodo di circa 8 ore giorno, limitate alla stagione invernale.

La collocazione giornaliera del periodo di riscaldamento dipende dalle abitudini degli utenti e dalle condizioni climatiche della località; l'installazione di sistemi di accumulo adeguati può consentire di disaccoppiare la preparazione dell'energia termica dal suo impiego, con traslazione in anticipo/posticipo dei prelievi di energia elettrica dalla rete e con diminuzione delle potenze massime richieste.

5.1.4 Raffrescamento degli edifici

Per la climatizzazione estiva, non sempre presente in ambito residenziale, sono largamente impiegati sistemi ad alimentazione elettrica, in moltissimi casi costituiti da refrigeratori del tipo aria-aria. Poco meno di tre famiglie su dieci (29,4%) sono in possesso di un impianto di condizionamento dell'aria, con un'accentuata variabilità a livello territoriale (Tabella 5.7) [15].

Tabella 5.7 – Famiglie per presenza/assenza e tipologia di impianto unico o prevalente per il condizionamento dell'aria, ripartizione, composizione percentuale.

	Sistema di condizionamento centralizzato o autonomo	Condizionatori fissi o portatili (solo raffreddamento)	Climatizzatori caldo/freddo fissi o portatili (a pompa di calore)	Impianto non presente
Nord - Ovest	1,2	7,3	15,0	76,6
Nord - Est	2,5	13,6	23,0	60,9
Centro	0,5	7,1	16,5	76,0
Mezzogiorno	0,7	6,5	25,0	67,8
Italia	1,1	8,2	20,0	70,6

Nonostante la bassa diffusione attuale degli impianti di raffrescamento, la tendenza generale mostra una graduale diffusione di tali impianti, spesso al servizio di singoli ambienti, talvolta al servizio dell'intera abitazione.

In merito alla fattibilità tecnica dell'installazione di impianti di raffrescamento valgono considerazioni analoghe a quelle già sviluppate per gli impianti di riscaldamento; dotare tutti gli ambienti di un edificio di un impianto di raffrescamento può talvolta presentare complessità e costi che lo potrebbero rendere poco praticabile. Occorre operare una distinzione tra gli edifici, in funzione dei consumi specifici e dei sistemi impiantistici:

- per i nuovi edifici, con bassi consumi specifici, la progettazione dovrebbe essere orientata all'integrazione di sistemi di generazione dell'energia frigorifera ad alimentazione elettrica (pompe di

calore) con accumulo e sistemi di distribuzione dell'energia ad alta temperatura in grado di massimizzare l'utilizzo dell'energia accumulata;

- per gli edifici esistenti, in presenza di consumi specifici non bassi, nella generale assenza di terminali idonei al raffrescamento, la realizzabilità tecnica è più complessa, sebbene si possano comunque ipotizzare soluzioni ibride, con integrazione di sistemi diversi anche per il raffrescamento solo di alcune zone dell'edificio.

Volendo dare una prima indicazione sul potenziale realizzabile presso l'utente finale possono essere estesi i calcoli sviluppati a proposito degli impianti di riscaldamento. Il potenziale di accumulo potrebbe raggiungere valori di 80-120 GW per un periodo di circa 8 ore giorno, limitate alla stagione estiva.

La collocazione giornaliera del periodo di raffrescamento dipende dalle abitudini degli utenti e dalle condizioni climatiche della località; l'installazione di sistemi di accumulo adeguati può consentire di disaccoppiare la preparazione dell'energia frigorifera dal suo impiego, con traslazione in anticipo/posticipo dei prelievi di energia elettrica dalla rete e con diminuzione delle potenze massime richieste.

5.1.5 Carichi accumulabili: considerazioni sulle caratteristiche degli edifici

Si è visto come, in generale, per il comparto residenziale, le utenze di riscaldamento, raffrescamento e preparazione dell'acqua calda sanitaria risultino molto frammentate, con una netta prevalenza di impianti autonomi e scarsamente elettrificate, con la piccola eccezione dei sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria.

Si è anche detto che esistono ampi margini di elettrificazione di tali utenze, che consentirebbero di arrivare ad un potenziale di flessibilità molto alto.

A livello tecnico l'installazione di sistemi di accumulo, in tutti i casi, può costituire un'interessante miglioria, sia in termini di funzionamento dell'impianto, sia in termini di flessibilità offerta al sistema elettrico. Tuttavia la collocazione di sistemi di accumulo individuali può comportare difficoltà tecniche di tipo strutturale e difficoltà logistiche per l'individuazione degli spazi tecnici, tali da scoraggiarne la realizzazione. Fanno eccezione i sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria, di dimensione più contenuta e quindi di collocazione più agevole.

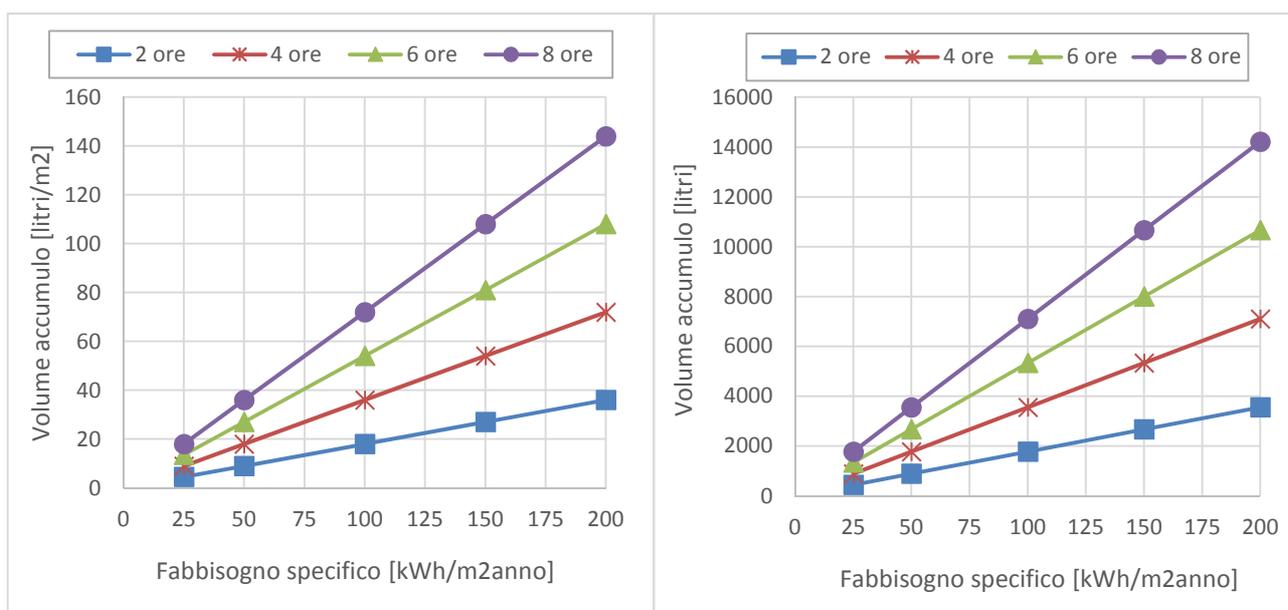


Figura 5.3 – A sinistra: volumi di accumulo per unità di superficie, in funzione dei fabbisogni specifici annui di riscaldamento; differenza di temperatura tra l'accumulo e l'utilizzo di 10 °C; durata stagione di riscaldamento di 150 giorni, 8 ore di utilizzo giornaliero. A destra: volumi di accumulo per una superficie residenziale di 100 m², stesse ipotesi di funzionamento.

In Figura 5.3 sono riportati i volumi di accumulo necessari in funzione dei fabbisogni specifici annui, nell'ipotesi di un accumulo dell'energia termica, con una differenza di temperatura tra l'accumulo e l'utilizzo di 10 °C. Le diverse curve sono parametrizzate per diversi durate orarie del servizio di riscaldamento garantito dall'accumulo. Per semplicità di esposizione, sono stati posti pari a 1 i rendimenti di tutti i sistemi (distribuzione, regolazione, emissione) a valle dell'accumulo e, conformemente a quanto riportato nel paragrafo 5.1.3, si è assunto un orario di funzionamento giornaliero di 8 ore ed una durata media della stagione di riscaldamento di 150 giorni.

I medesimi calcoli possono essere sviluppati per valutare i volumi necessari ad accumulare energia frigorifera per il raffrescamento estivo.

Al crescere dei fabbisogni specifici e al crescere della durata oraria di funzionamento garantito dall'accumulo crescono i volumi specifici di accumulo; con riferimento ad un abitazione di 100 m²:

il volume di accumulo necessario, per due ore di riscaldamento garantito dall'accumulo, varia da 450 litri per un fabbisogno specifico di 25 kWh/(m²anno) a 3554 litri per un fabbisogno specifico di 200 kWh/(m²anno).

il volume di accumulo necessario, per otto ore di riscaldamento garantito dall'accumulo, varia da 1777 litri per un fabbisogno specifico di 25 kWh/(m²anno) a 14216 litri per un fabbisogno specifico di 200 kWh/(m²anno).

Appare evidente la difficoltà di realizzazione dell'accumulo, soprattutto per edifici caratterizzati da fabbisogni specifici alti. Il grafico di Figura 5.4 riporta la composizione del patrimonio edilizio italiano, in funzione dell'epoca di costruzione. Ricordando che la prima legge in materia di risparmio energetico è la legge 373 del 1976 e che solo da quel momento si è iniziato a costruire edifici con una certa attenzione al contenimento dei consumi energetici, dal grafico risulta evidente come larga parte del patrimonio edilizio sia caratterizzata da fabbisogni specifici alti.

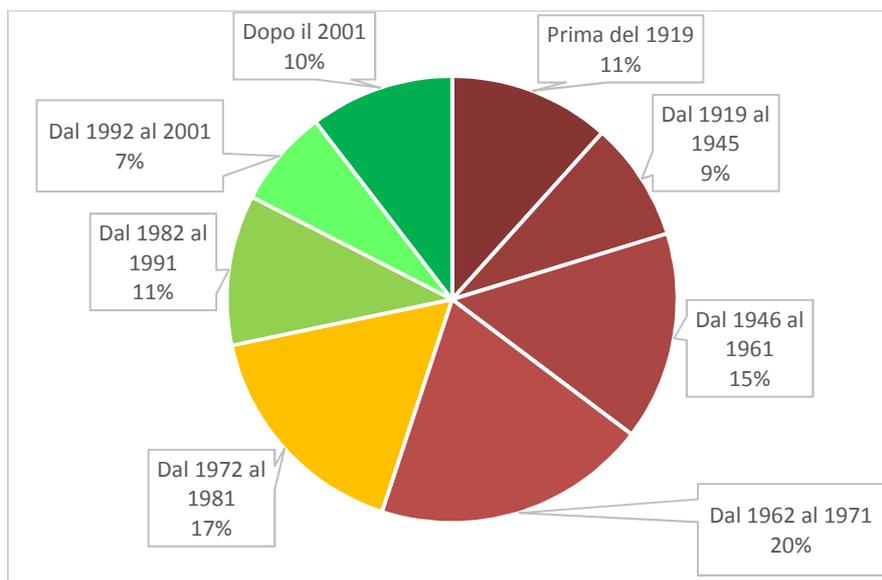


Figura 5.4 – Composizione del patrimonio edilizio per epoca di costruzione (elaborazione su dati ISTAT).

Inoltre, immaginando di intervenire a livello condominiale, realizzando sistemi di accumulo al servizio dell'intero edificio, è necessario prendere in considerazione le caratteristiche fisiche del patrimonio edilizio esistente, che a livello territoriale vede una larga diffusione di abitazioni isolate, con le ovvie eccezioni rappresentate dalle città più grandi.

In Italia (Tabella 5.8), il 53,7% degli edifici residenziali contiene un solo appartamento e il 22,5% degli edifici residenziali contiene 2 soli appartamenti. A Milano, la percentuale di edifici con più di 16 appartamenti è del 33,6%, a Torino è del 25,9%, a Genova è del 23%; valori più bassi si hanno nelle altre città.

Tabella 5.8 – Numero di abitazioni Vs numero di edifici, ripartizione territoriale e grandi città.

Numero di abitazioni	Edifici residenziali						
	0	1	2	3-4	5-8	9-15	16 e più
Italia	1,8%	53,7%	22,5%	11,7%	5,9%	2,7%	1,8%
Nord-ovest	1,2%	49,2%	23,6%	12,5%	6,9%	3,6%	3,0%
Nord-est	1,1%	52,0%	24,1%	11,9%	6,7%	2,8%	1,4%
Centro	1,4%	47,8%	24,3%	13,8%	7,2%	3,3%	2,2%
Sud	2,7%	56,7%	21,1%	11,1%	5,0%	2,0%	1,4%
Isole	2,6%	63,4%	19,1%	9,1%	3,6%	1,4%	0,9%
Torino	0,3%	14,5%	10,9%	10,8%	16,2%	21,5%	25,9%
Genova	0,0%	21,2%	22,2%	10,6%	10,9%	12,0%	23,0%
Milano	2,6%	14,1%	7,5%	9,8%	14,4%	17,9%	33,6%
Bologna	1,2%	17,7%	11,8%	15,2%	20,6%	16,5%	17,0%
Roma	0,5%	17,2%	15,5%	19,4%	16,9%	14,9%	15,6%
Napoli	3,4%	22,4%	12,3%	13,7%	19,0%	12,8%	16,3%

In considerazione di quanto evidenziato circa la fattibilità tecnica dell'intervento e circa le caratteristiche e la distribuzione territoriale del patrimonio edilizio, si può affermare che un intervento di elettrificazione delle utenze di riscaldamento residenziali con pompe di calore ed accumuli termici dell'energia, è più facilmente realizzabile in edifici plurifamiliari di grandi dimensioni, localizzati nelle grandi città e caratterizzati da bassi consumi specifici.

5.2 Carichi differibili: lavatrici, lavastoviglie, asciugatrici

La Figura 5.5 riporta la diffusione nel comparto domestico [15] dei principali elettrodomestici ed evidenzia la presenza in quasi tutte le abitazioni di frigoriferi e lavatrici; la lavastoviglie è presente in circa la metà delle abitazioni, mentre l'impiego di asciugatrici è ancora limitato, con diffusione maggiore al Nord, dove le condizioni climatiche più sfavorevoli ne rendono maggiormente necessario l'utilizzo. La frequenza di impiego di lavatrici e lavastoviglie cresce all'aumentare del numero dei componenti della famiglia, con una media di 3,5 lavaggi a settimana per la lavatrice e 4,3 lavaggi a settimana per la lavastoviglie. La stessa fonte non riporta dati circa la frequenza di impiego delle asciugatrici; in prima approssimazione, si può considerare che ad ogni ciclo di lavaggio corrisponda un ciclo di asciugatura, soprattutto nel periodo invernale.

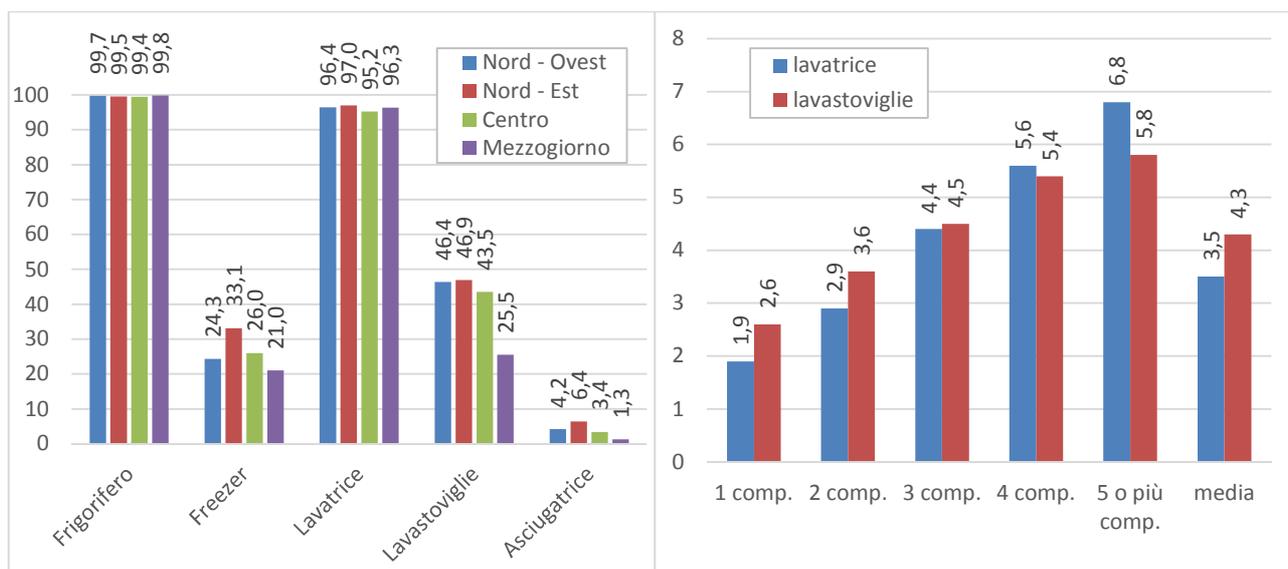


Figura 5.5 – A sinistra: famiglie in possesso di elettrodomestici effettivamente utilizzati, per tipologia di elettrodomestici e ripartizione, per 100 famiglie (fonte ISTAT). A destra: numero medio di lavaggi a settimana in lavatrice e in lavastoviglie, per numero di componenti della famiglia (fonte ISTAT).

Elaborando i dati sopra esposti e i dati dell'ultimo censimento ISTAT della popolazione italiana è possibile calcolare il numero medio di cicli giornalieri, in lavatrice (Tabella 5.9), in asciugatrice (Tabella 5.10) e in lavastoviglie (Tabella 5.11), effettuati in Italia.

Tabella 5.9 – Numero giornaliero di lavaggi in lavatrice (elaborazione su dati ISTAT).

		Numero di componenti per ogni famiglia					
		1	2	3	4	5 o più	
Nord-Ovest	Numero famiglie	2.335.543	2.029.394	1.351.914	935.829	275.289	
	Percentuale possesso	96,4%	96,4%	96,4%	96,4%	96,4%	
	Lavaggi al giorno	0,27	0,41	0,63	0,80	0,97	
	Lavaggi totali	611.112	810.482	819.183	721.711	257.796	3.220.284
Nord-Est	Numero famiglie	1.586.234	1.392.794	957.143	696.041	246.266	
	Percentuale possesso	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	
	Lavaggi al giorno	0,27	0,41	0,63	0,80	0,97	
	Lavaggi totali	417.633	559.704	583.584	540.128	232.053	2.333.101
Centro	Numero famiglie	1.610.201	1.323.229	993.454	738.371	250.471	
	Percentuale possesso	95,2%	95,2%	95,2%	95,2%	95,2%	
	Lavaggi al giorno	0,27	0,41	0,63	0,80	0,97	
	Lavaggi totali	416.076	521.882	594.483	562.343	231.636	2.326.419
Mezzogiorno	Numero famiglie	2.135.327	1.920.383	1.589.805	1.607.160	636.918	
	Percentuale possesso	96,3%	96,3%	96,3%	96,3%	96,3%	
	Lavaggi al giorno	0,27	0,41	0,63	0,80	0,97	
	Lavaggi totali	558.144	766.151	962.332	1.238.156	595.828	4.120.610
Italia	Lavaggi totali						12.000.414

Tabella 5.10 – Numero giornaliero di cicli di asciugatura (elaborazione su dati ISTAT).

	Lavaggi totali	Percentuale di possesso	Cicli di asciugatura
Nord-ovest	3.220.284	4,2	135.252
Nord-est	2.333.101	6,4	149.318
Centro	2.326.419	3,4	79.098
Mezzogiorno	4.120.610	1,3	53.568
Italia	12.000.414		417.237

Tabella 5.11 – Numero giornaliero di lavaggi in lavastoviglie (elaborazione su dati ISTAT).

		Numero di componenti per ogni famiglia					
		1	2	3	4	5 o più	
Nord-Ovest	Numero famiglie	2.335.543	2.029.394	1.351.914	935.829	275.289	
	Percentuale possesso	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	46,4%	
	Lavaggi al giorno	0,37	0,51	0,64	0,77	0,83	
	Lavaggi totali	402.514	484.271	403.257	334.973	105.837	1.730.852
Nord-Est	Numero famiglie	1.586.234	1.392.794	957.143	696.041	246.266	
	Percentuale possesso	46,9%	46,9%	46,9%	46,9%	46,9%	
	Lavaggi al giorno	0,37	0,51	0,64	0,77	0,83	
	Lavaggi totali	276.322	335.942	288.579	251.828	95.699	1.248.369
Centro	Numero famiglie	1.610.201	1.323.229	993.454	738.371	250.471	
	Percentuale possesso	43,5%	43,5%	43,5%	43,5%	43,5%	
	Lavaggi al giorno	0,37	0,51	0,64	0,77	0,83	
	Lavaggi totali	260.162	296.025	277.812	247.776	90.277	1.172.053
Mezzogiorno	Numero famiglie	2.135.327	1.920.383	1.589.805	1.607.160	636.918	
	Percentuale possesso	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	
	Lavaggi al giorno	0,37	0,51	0,64	0,77	0,83	
	Lavaggi totali	202.246	251.845	260.614	316.151	134.572	1.165.428
Italia	Lavaggi totali						5.316.702

Quotidianamente, in Italia, nelle utenze elettriche di tipo domestico, vengono effettuati circa 12 milioni di lavaggi in lavatrice, 420.000 cicli di asciugatura e circa 5,3 milioni di lavaggi in lavastoviglie.

Le caratteristiche di impiego degli elettrodomestici influenzano fortemente il prelievo di energia elettrica dalla rete. Una valutazione delle caratteristiche dei cicli per lavatrici e lavastoviglie è riportata in [21] e indica una durata di riferimento dei cicli di lavaggio di 200 minuti per la lavatrice e variabile tra 110 e 160 minuti per la lavastoviglie, con consumi energetici per ciclo più bassi per la lavatrice (0,7÷1,1 kWh) e più alti per la lavastoviglie (1,0÷1,6 kWh). Per le asciugatrici non si hanno dati circa le caratteristiche medie del ciclo: si assume un impegno di potenza di 1,0 kW e una durata media del ciclo di 150 minuti (Tabella 5.12).

Tabella 5.12 – Caratteristiche di riferimento dei cicli di lavatrici, lavastoviglie e asciugatrici.

	Durata totale programma [min]	Consumo di energia per ciclo [kWh]	Potenza nominale [kW]
Lavatrice	200	0,7÷1,1	1,8
Lavastoviglie	110÷160	1,0÷1,6	1,7
Asciugatrici	150	1,8÷2,2	1,0

Per quanto riguarda le curve di carico medie giornaliere in [18] è riportato che:

- per le lavatrici si ha un picco di prelievo nelle prime ore della mattina (9:00-10:00) che si attenua in maniera costante azzerandosi intorno alle 24:00;
- per le lavastoviglie si hanno tre picchi; un picco principale (22:00-23:00), un picco secondario (15:00-16:00) e il picco della mattina (10:00).

Elaborando i dati relativi alla diffusione, all'impiego ed alle caratteristiche dei cicli di lavatrici, asciugatrici e lavastoviglie è possibile valutare il carico potenzialmente differibile in ambiente domestico. In Tabella 5.13 sono riportati i risultati dell'elaborazione effettuata, assumendo per i consumi i valori medi degli intervalli indicati in Tabella 5.12 e considerando un valore costante della potenza elettrica durante il ciclo.

Tabella 5.13 – Potenziale di accumulo in sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria nel comparto residenziale, nella situazione attuale.

	Consumo di energia per ciclo [kWh]	Potenza nominale [kW]	Durata media prelievo potenza [h]	Numero cicli Giornalieri [-]	Potenza totale [GW]
Lavatrici	0,9	1,8	0,50	12.000.414	21,6
Lavastoviglie	1,3	1,7	0,76	5.316.702	9,0
Asciugatrici	2	1	2,00	417.237	0,4
Totale					31,1

Sulla base delle elaborazioni effettuate il carico complessivamente differibile è superiore a 31 GW, principalmente dovuto alle lavatrici (21,6 GW per circa mezz'ora) ed alle lavastoviglie (9,0 GW per circa tre quarti d'ora).

5.3 Autogenerazione

La crescente diffusione in ambito residenziale di impianti di autoproduzione (soprattutto fotovoltaici) porta necessariamente a dover considerare il ruolo dei cosiddetti "prosumers", ovvero quegli utenti caratterizzati sia dal consumo che dalla produzione di energia elettrica.

In Italia, nel settore residenziale, a fine 2015, risultano installati 542.903 impianti, con una potenza complessiva di 2.640 MW, una taglia media degli impianti di 4,9 kW, una produzione lorda di 3.004 GWh e un autoconsumo di 883 GWh [22].

La quota di autoconsumo è del 29,4%, con picchi a livello regionale nel Lazio (34%) e in Lombardia (33%) e valori minimi in Valle d'Aosta, Molise, Basilicata (25%). La regione con il più alto valore di potenza per abitante

è il Friuli Venezia Giulia (99 W/ab) seguito dalle altre regioni del Nord Est, e dalla Sardegna (78 W/ab). Una minore intensità si registra in gran parte del Sud Italia e in Liguria (15 W/ab).

Nel settore domestico praticamente tutti gli impianti fanno autoconsumo, con quote maggiori nei mesi invernali di maggior consumo e minore produzione (Figura 5.6). Inoltre, nel settore residenziale si riscontra una buona similitudine tra la percentuale di autoconsumo (34%) e la quota degli autoconsumi sui consumi complessivi (31%); questo a dimostrazione di un dimensionamento degli impianti in generale effettuato per coprire l'intero fabbisogno dell'abitazione, sfruttando il meccanismo dello scambio sul posto.

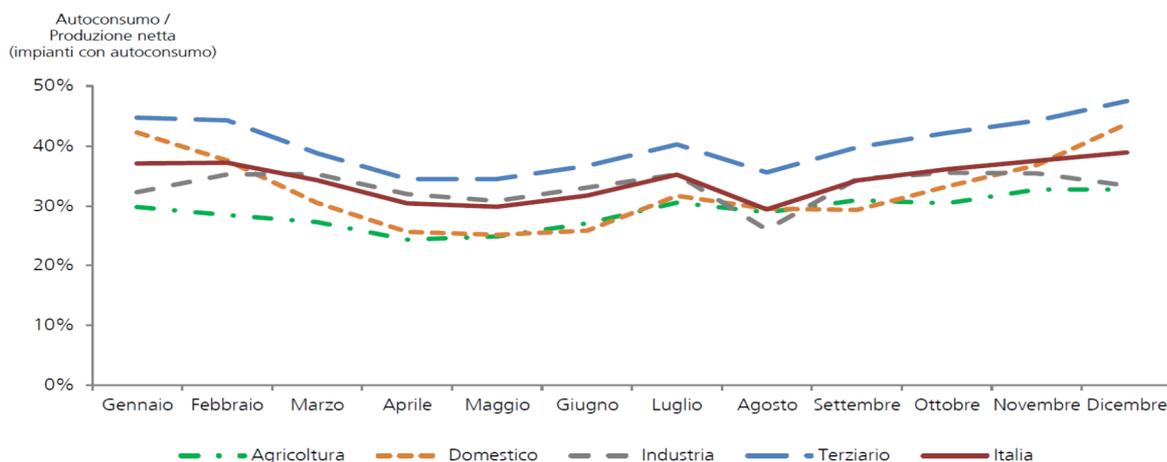


Figura 5.6 – Rapporto autoconsumo/produzione per i diversi settori (fonte GSE).

Su base annua, è possibile osservare che i livelli dei consumi e della produzione hanno simile ordine di grandezza, con la produzione inferiore ai consumi nei mesi invernali, ma complessivamente maggiore dei consumi nell'arco dell'anno; il settore domestico è l'unico nel quale, complessivamente, la produzione totale degli impianti supera i consumi totali delle utenze presso le quali sono installati (Figura 5.7).

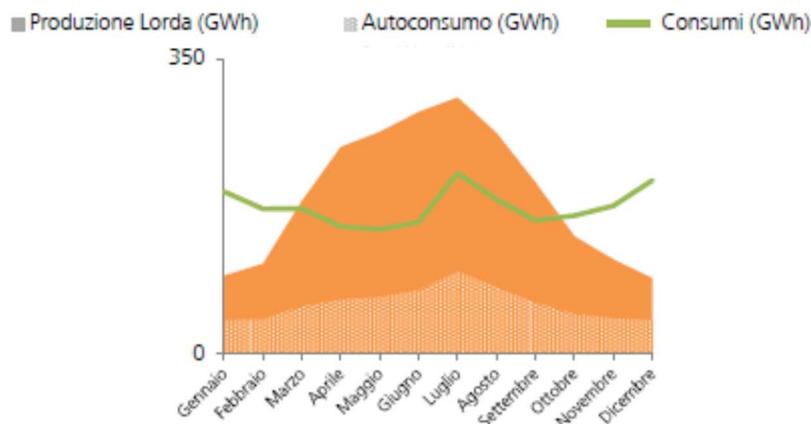


Figura 5.7 – Produzione lorda, autoconsumi e consumi per il settore residenziale (fonte GSE)

In generale, sugli impianti già in esercizio, la quota di autoconsumo è dipendente dal rapporto tra la produzione e i consumi senza nessun controllo o legame di tipo attivo, essendo tali impianti privi di sistemi di accumulo di tipo elettrochimico o di tipo diverso. L'adozione di sistemi di accumulo locali o di un sistema attivo di controllo degli impianti potrebbe consentire di incrementare la quota di autoconsumo, agendo in maniera analoga a quanto già visto per i carichi accumulabili.

Il potenziale di regolazione realizzabile, considerando la potenza installata e la quota di autoconsumo, è di circa 1,86 GW per 3,3 ore al giorno; resta inteso che tale indicazione è il frutto di un calcolo su valori medi, con le ovvie ampie oscillazioni dipendenti dalla stagione, dalle condizioni climatiche e dalla particolare installazione.

6 Individuazione dei consumi e dei costi di un'abitazione tipo

In questo capitolo saranno analizzati i consumi energetici e i costi di un'abitazione tipo, in una configurazione impiantistica tradizionale e priva di sistemi di automazione, rappresentativa di larga parte delle abitazioni italiane.

Saranno esaminati tre casi studio, le cui caratteristiche sono state definite anche con riferimento a quanto riportato in [8], [16], [23], così come riportato in Tabella 6.1.

Tabella 6.1 – Casi Studio e fabbisogni energetici.

		Riscaldamento	Raffrescamento	ACS	Cottura cibi	Altri usi elettrici
		[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Caso Studio A	Nucleo familiare di 1 persona Monolocale di 50 m ² in condominio di 12 appartamenti	5750	627	694	200	1500
Caso Studio B	Nucleo familiare di 2 persone Villetta 100 m ²	18500	1254	1049	450	2200
Caso Studio C	Nucleo familiare di 4 persone Appartamento di 80 m ² in condominio di 12 appartamenti	9200	1003	1700	600	2700

Con riferimento ai servizi energetici dell'edificio si assumono le seguenti dotazioni impiantistiche:

- per il riscaldamento, generatore di calore a gas metano di tipo tradizionale con rendimento medio stagionale pari a 0,8;
- per la produzione di acqua calda sanitaria, lo stesso generatore di calore a gas metano di tipo tradizionale utilizzato per il riscaldamento, con rendimento medio stagionale pari a 0,8;
- per il raffrescamento, condizionatore ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5;
- piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.

Per quanto riguarda le opzioni tariffarie, sono state considerate:

- la tariffa D2, applicata ai contratti stipulati nelle abitazioni di residenza con impegno di potenza non superiore ai 3 kW;
- la tariffa D3, applicata ai contratti stipulati nelle abitazioni di residenza con impegno di potenza superiore a 3 kW e a quelli stipulati per le abitazioni non di residenza.

La valutazione dei costi di gestione associati alla gestione energetica dei Casi Studio è stata effettuata utilizzando lo strumento messo a disposizione dall'Autorità [24], assumendo i costi del servizio di maggior tutela. L'impegno di potenza è stato valutato considerando al massimo 1500 ore equivalenti di utilizzo della potenza.

Sulla base della caratterizzazione effettuata nel capitolo precedente, sarà anche effettuata una suddivisione dei consumi delle singole utenze elettriche, evidenziando i consumi accumulabili e i consumi differibili. Per la valutazione del peso percentuale dei consumi elettrici si è fatto riferimento a quanto riportato in [25] e in [26].

6.1 Caso Studio A

Sulla base dei fabbisogni individuati, delle caratteristiche e dei rendimenti dei sistemi impiantistici, per il Caso Studio A si ottiene un consumo annuo di gas pari a 845 Nm³ ed un consumo annuo di energia elettrica pari a 1.751 kWh.

In termini di energia primaria, i consumi energetici dell'abitazione risultano pari a 12.254 kWh, con la ripartizione illustrata in Figura 6.1.

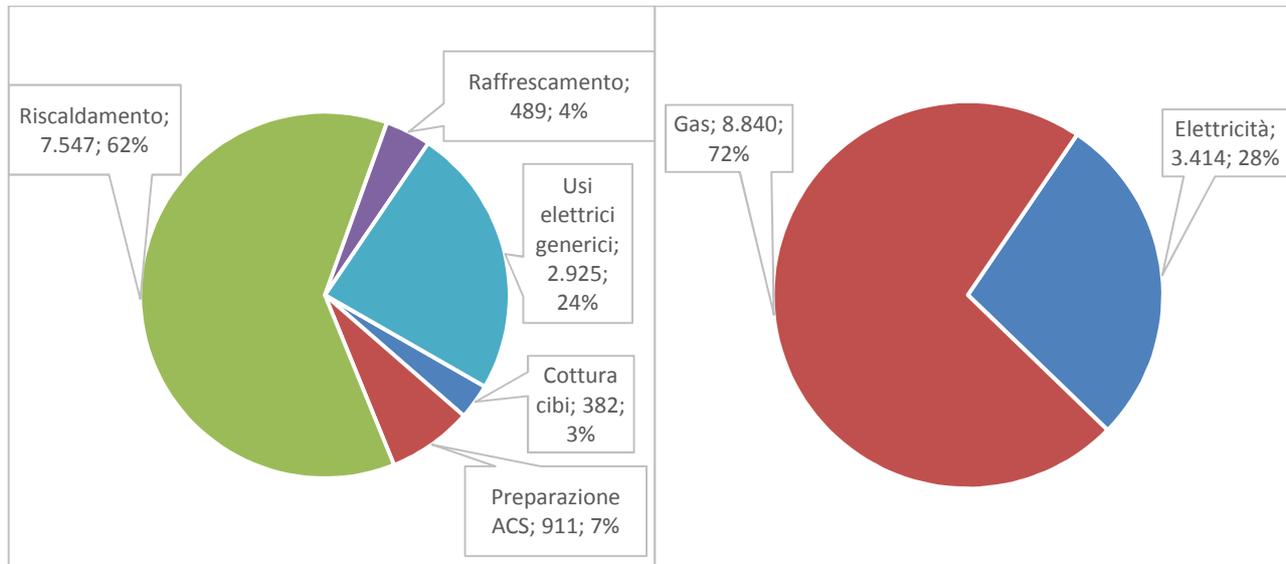


Figura 6.1 – Ripartizione dei consumi energetici, per uso e per vettore energetico, in termini di energia primaria [kWh; %].

I costi sostenuti per l'acquisto di gas sono pari a 730,89 €/anno, mentre quelli per l'acquisto di energia elettrica sono dipendenti dalla tipologia di utenza, variando da 289,41 €/anno per i residenti (tariffa D2) a 507,18 €/anno per i non residenti (tariffa D3); complessivamente i costi sostenuti sono pari a 1.020,30 €/anno per i residenti e a 1.238,07 €/anno per i non residenti. Il grafico di Figura 6.2 mostra la ripartizione percentuale dei costi: per i residenti si hanno percentuali analoghe a quelle dell'energia primaria, mentre per i non residenti il peso dell'energia elettrica diventa maggiore.

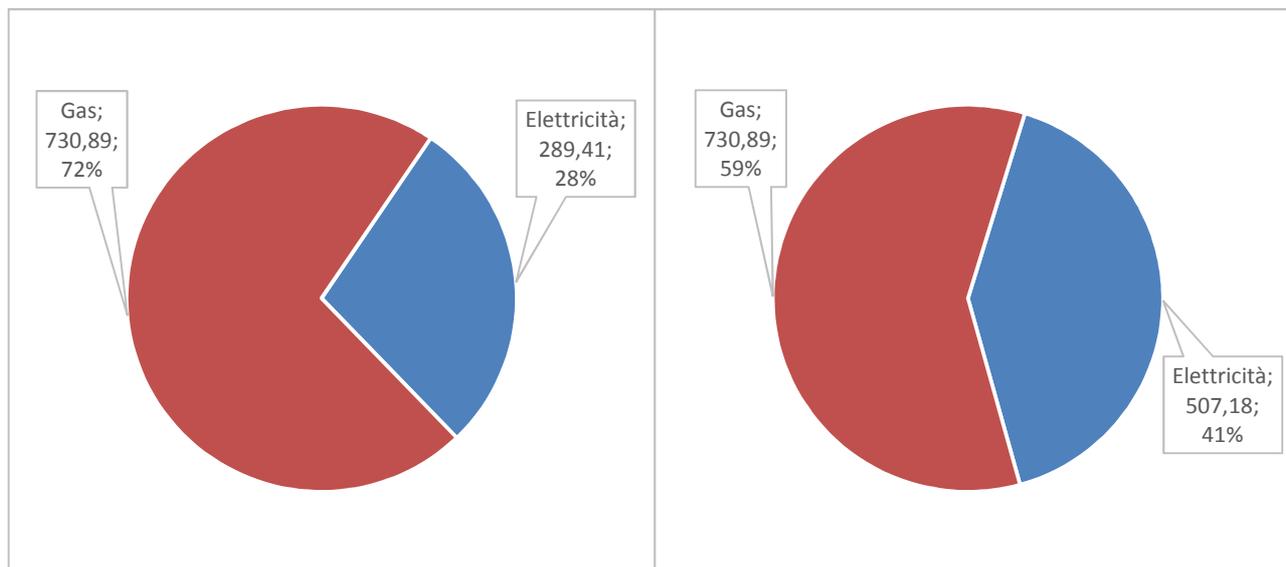


Figura 6.2 – Ripartizione dei costi energetici, per residenti (a sinistra) e per non residenti [€; %].

Con riferimento ai soli consumi elettrici è stata effettuata una stima dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, per servizio (Figura 6.3) e per tipologia (Figura 6.4), allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili.

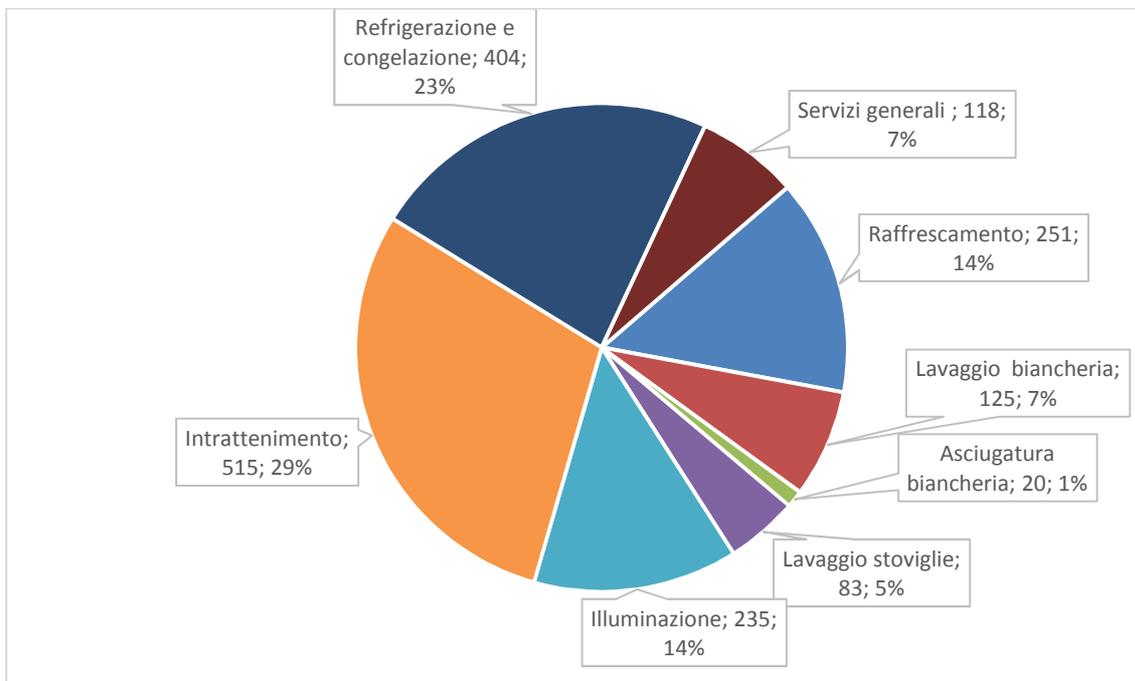


Figura 6.3 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %].

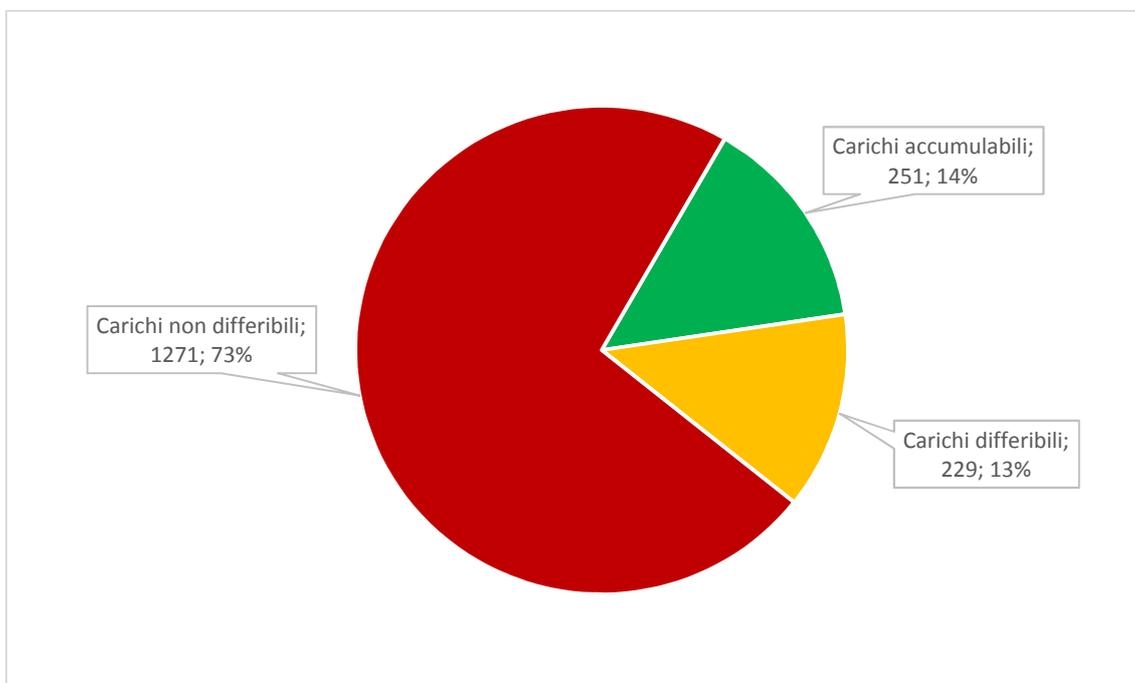


Figura 6.4 – Ripartizione dei consumi elettrici per tipologia [kWh; %].

Nella configurazione impiantistica del Caso Studio, larga parte dei carichi risulta non differibile (73%); i carichi potenzialmente accumulabili sono il 14% del totale e i carichi differibili sono il 13% del totale.

6.2 Caso Studio B

Sulla base dei fabbisogni individuati, delle caratteristiche e dei rendimenti dei sistemi impiantistici, per il Caso Studio B si ottiene un consumo annuo di gas pari a 2.536 Nm³ ed un consumo annuo di energia elettrica pari a 2.702 kWh.

In termini di energia primaria, i consumi energetici dell'abitazione risultano pari a 31.785 kWh, con la ripartizione illustrata in Figura 6.5.

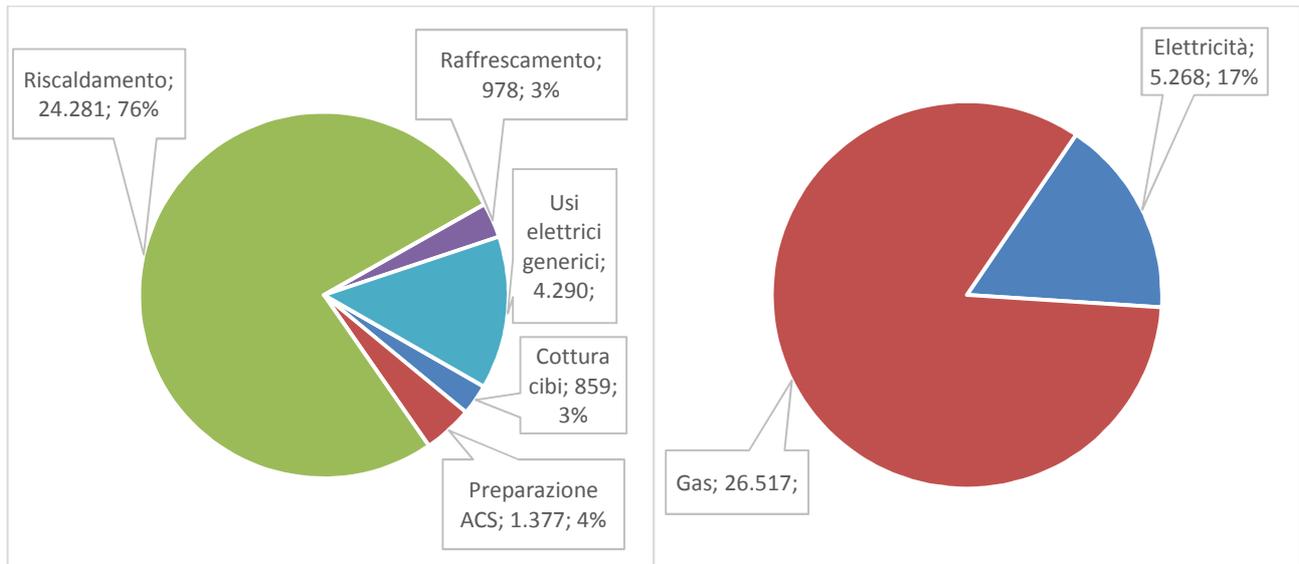


Figura 6.5 – Ripartizione dei consumi energetici, per uso e per vettore energetico, in termini di energia primaria [kWh; %].

I costi sostenuti per l'acquisto di gas sono pari a 2.108,89 €/anno, mentre quelli per l'acquisto di energia elettrica sono dipendenti dalla tipologia di utenza, variando da 483,59 €/anno per i residenti (tariffa D2) a 724,01 €/anno per i non residenti (tariffa D3); complessivamente i costi sostenuti sono pari a 2.592,48 €/anno per i residenti e a 2.832,90 €/anno per i non residenti. Il grafico di Figura 6.6 mostra la ripartizione percentuale dei costi: per i residenti si hanno percentuali analoghe a quelle dell'energia primaria, mentre per i non residenti il peso dell'energia elettrica diventa maggiore.

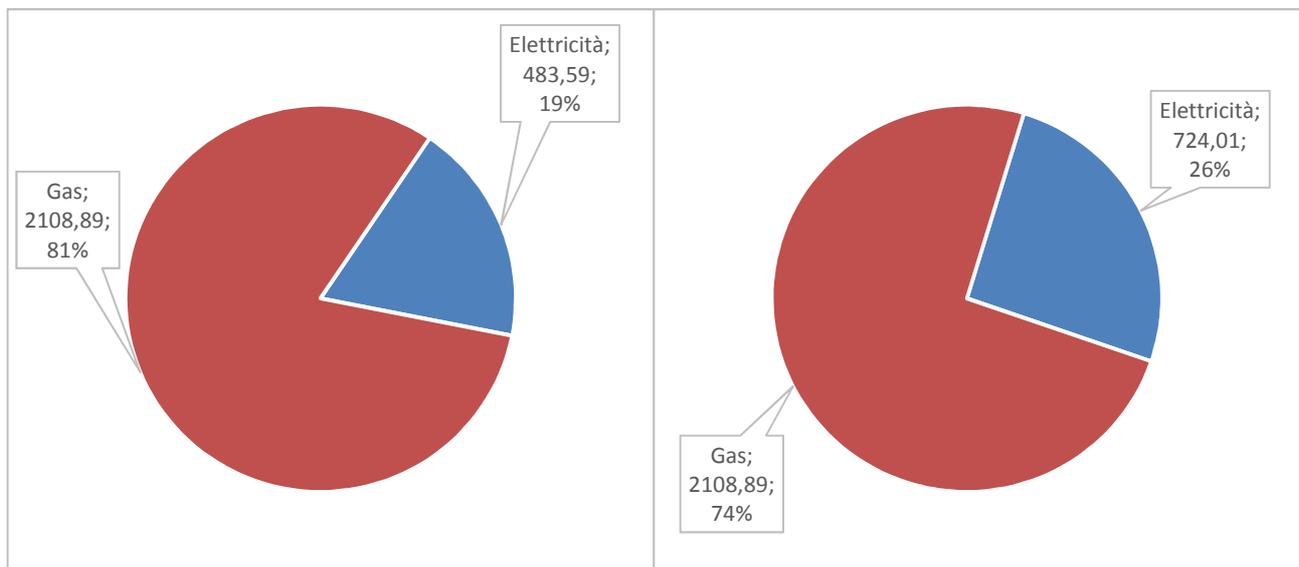


Figura 6.6 – Ripartizione dei costi energetici, per residenti (a sinistra) e per non residenti [€; %].

Con riferimento ai soli consumi elettrici è stata effettuata una stima dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, per servizio (Figura 6.7) e per tipologia (Figura 6.8), allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili.

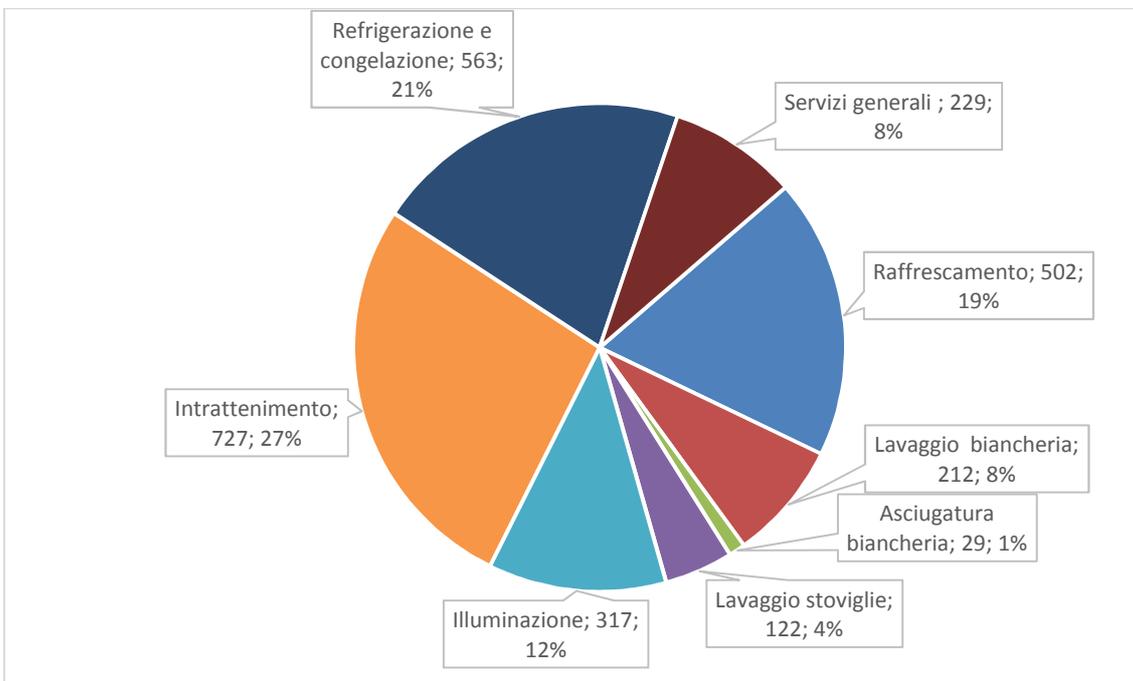


Figura 6.7 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %].

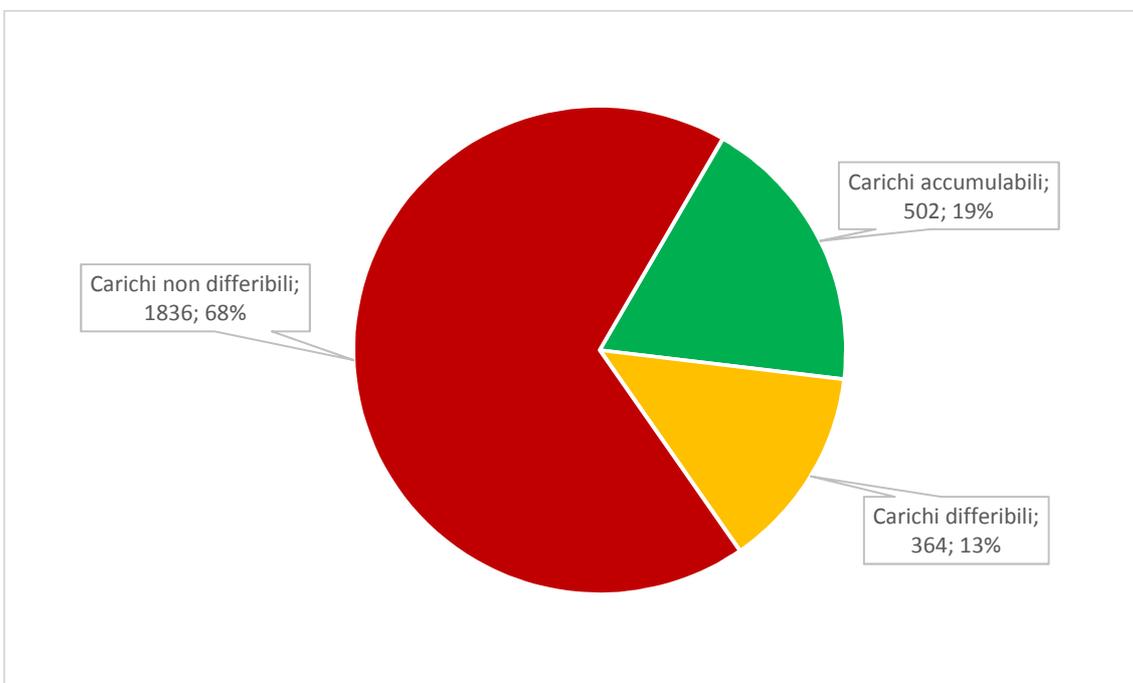


Figura 6.8 – Ripartizione dei consumi elettrici per tipologia [kWh; %].

Nella configurazione impiantistica del Caso Studio, larga parte dei carichi risulta non differibile (68%); i carichi potenzialmente accumulabili sono il 19% del totale e i carichi differibili sono il 13% del totale.

6.3 Caso Studio C

Sulla base dei fabbisogni individuati, delle caratteristiche e dei rendimenti dei sistemi impiantistici, per il Caso Studio C si ottiene un consumo annuo di gas pari a 1.478 Nm³ ed un consumo annuo di energia elettrica pari a 3.101 kWh. In termini di energia primaria, i consumi energetici dell'abitazione risultano pari a 21.499 kWh, con la ripartizione illustrata in Figura 6.9.

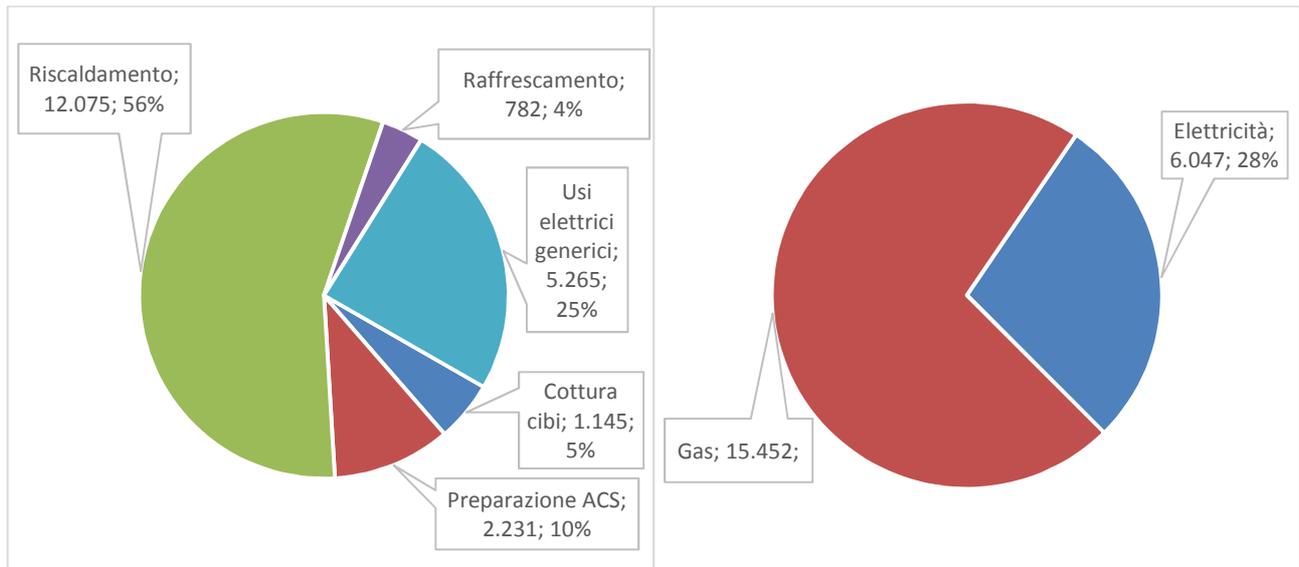


Figura 6.9 – Ripartizione dei consumi energetici, per uso e per vettore energetico, in termini di energia primaria [kWh; %].

I costi sostenuti per l'acquisto di gas sono pari a 1.240,76 €/anno, mentre quelli per l'acquisto di energia elettrica sono dipendenti dalla tipologia di utenza, variando da 605,89 €/anno per i residenti (tariffa D2) a 815,36 €/anno per i non residenti (tariffa D3); complessivamente i costi sostenuti sono pari a 1.846,65 €/anno per i residenti e a 2.056,12 €/anno per i non residenti. Il grafico di Figura 6.10 mostra la ripartizione percentuale dei costi: per i residenti si hanno percentuali analoghe a quelle dell'energia primaria, ma con maggiori differenze rispetto a quanto visto per i Casi Studio A e B, mentre per i non residenti il peso dell'energia elettrica diventa maggiore.

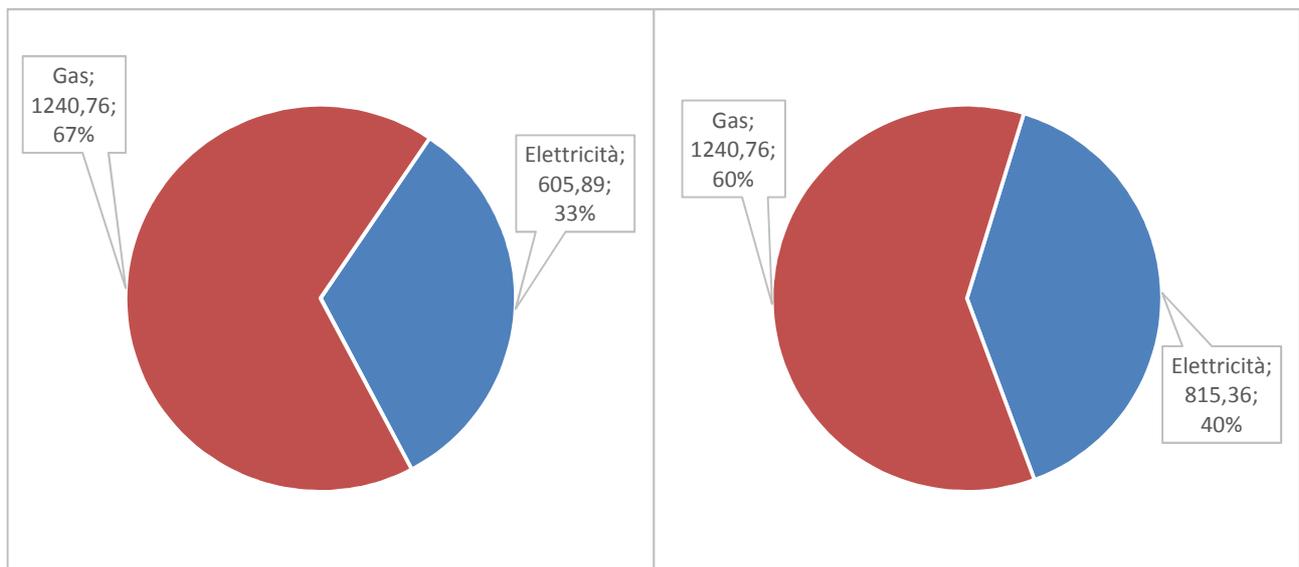


Figura 6.10 – Ripartizione dei costi energetici, per residenti (a sinistra) e per non residenti [€; %].

Con riferimento ai soli consumi elettrici è stata effettuata una stima dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, per servizio (Figura 6.11) e per tipologia (Figura 6.12), allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili.

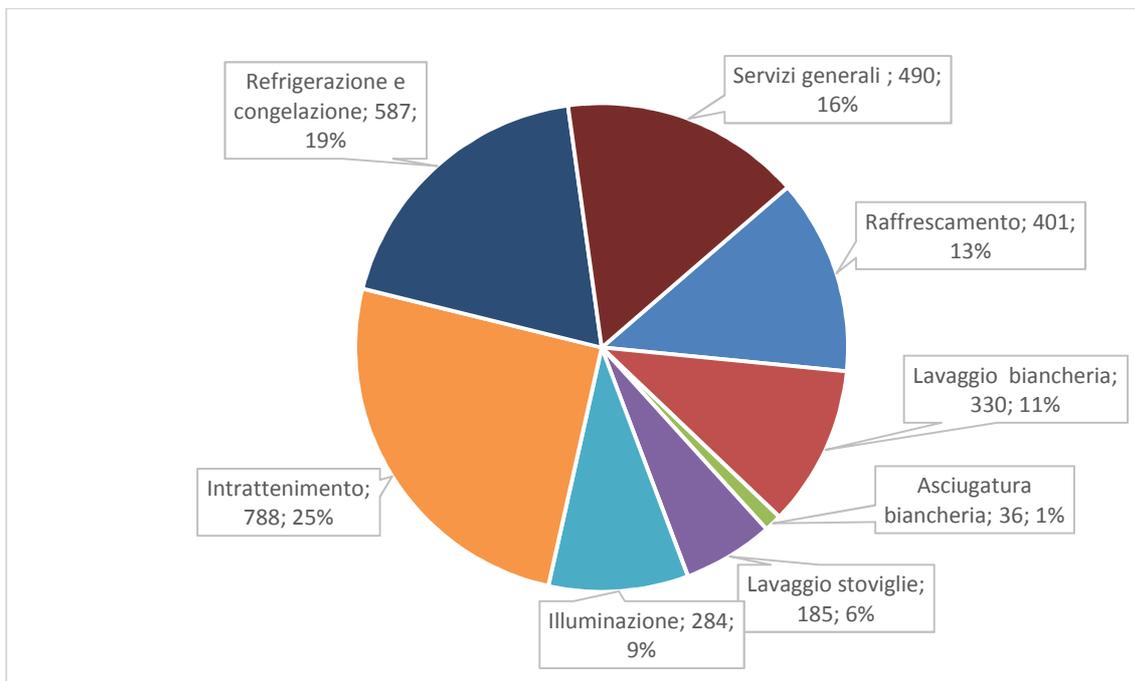


Figura 6.11 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %].

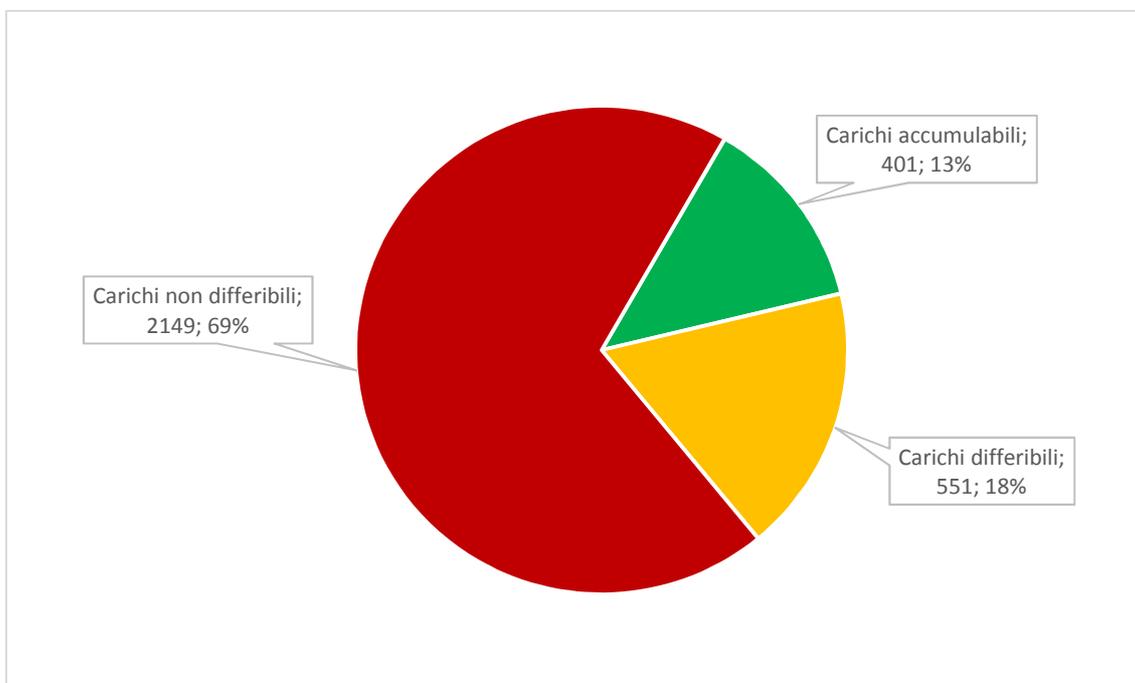


Figura 6.12 – Ripartizione dei consumi elettrici per tipologia [kWh; %].

Nella configurazione impiantistica del Caso Studio, larga parte dei carichi risulta non differibile (69%); i carichi potenzialmente accumulabili sono il 13% del totale e i carichi differibili sono il 18% del totale.

7 Analisi dei potenziali risparmi in relazione a utenza e tecnologia impiegata

A partire dai Casi Studio caratterizzati da un impiantistica di tipo tradizionale e da assenza di automazione, analizzati nel capitolo precedente, qui di seguito verranno analizzati i potenziali risparmi energetici ed economici di un'abitazione tipo nelle sue possibili evoluzioni verso una totale elettrificazione dei servizi e verso una totale automazione delle utenze; in particolare, i risparmi derivanti da una elettrificazione delle utenze e dall'introduzione di sistemi di automazione verranno stimati prima separatamente poi congiuntamente.

Dei tre Casi Studio saranno analizzate quattro varianti, sia con riferimento a diverse dotazioni impiantistiche, sia con riferimento a diverse opzioni tariffarie (Tabella 7.1).

Tabella 7.1 – Varianti delle dotazione impiantistiche.

Soluzione Base	<ul style="list-style-type: none"> ▪ generatore di calore a gas metano di tipo tradizionale, per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con rendimento medio stagionale pari a 0,8; ▪ condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5; ▪ piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.
Variante 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ generatore di calore a gas metano a condensazione, per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con rendimento medio stagionale pari a 0,95 in riscaldamento e pari a 0,8 in produzione di acqua calda sanitaria; ▪ condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5; ▪ piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.
Variante 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ generatore di calore a gas metano a condensazione, per riscaldamento con rendimento medio stagionale pari a 0,95; ▪ pompa di calore per produzione di acqua calda sanitaria con rendimento pari a 2,5; ▪ condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5; ▪ piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.
Variante 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pompa di calore per riscaldamento con rendimento medio stagionale pari a 3; ▪ produzione di acqua calda sanitaria con generatore a gas e rendimento pari a 0,8; ▪ condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5; ▪ piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.
Variante 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pompa di calore per riscaldamento con rendimento medio stagionale pari a 3; ▪ pompa di calore per produzione di acqua calda sanitaria con rendimento pari a 2,5; ▪ condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5; ▪ piano di cottura a induzione con rendimento pari a 0,90.

La Soluzione Base è quella maggiormente diffusa in ambito residenziale; a partire da questa tutte le varianti rappresentano delle possibili evoluzioni migliorative in termini di efficienza energetica:

- la Variante 1 prevede solo la sostituzione del generatore con un generatore di calore a condensazione;
- la Variante 2 prevede l'introduzione di pompe di calore per la produzione di acqua calda sanitaria;
- la Variante 3 prevede l'introduzione di pompe di calore per il solo riscaldamento;
- la Variante 4 prevede la totale elettrificazione delle utenze.

Per quanto riguarda le opzioni tariffarie, sono state considerate:

- la tariffa D2, applicata ai contratti stipulati nelle abitazioni di residenza con impegno di potenza non superiore ai 3 kW;
- la tariffa D3, applicata ai contratti stipulati nelle abitazioni di residenza con impegno di potenza superiore a 3 kW e a quelli stipulati per le abitazioni non di residenza;
- la tariffa D1, applicata, a livello sperimentale e su base volontaria, ai soli clienti domestici che riscaldano la propria casa utilizzando esclusivamente pompe di calore elettriche;
- la tariffa per clienti non domestici (BTA), applicata ai consumi delle pompe di calore in caso di impianto di riscaldamento e di raffrescamento centralizzato a pompa di calore; questa opzione è stata considerata, in aggiunta alle altre per le Varianti 4 e 5, allo scopo di valutare i costi di un impianto centralizzato che impieghi pompe di calore per riscaldamento e raffrescamento.

La valutazione dei costi di gestione associati alla gestione energetica dei Casi Studio è stata effettuata utilizzando lo strumento messo a disposizione dall’Autorità [24], assumendo i costi del servizio di maggior tutela. L’impegno di potenza è stato valutato considerando al massimo 1.500 ore equivalenti di utilizzo della potenza; nel caso specifico di pompe di calore per riscaldamento condominiale, l’impegno di potenza è stato valutato considerando 1.200 ore di utilizzo della potenza.

Per valutare i risparmi energetici connessi all’impiego di sistemi di automazione e controllo degli edifici si è fatto riferimento alla norma UNI EN15232 [27]; tale norma riporta le modalità di calcolo di sistemi aventi la funzione di massimizzare l’efficienza energetica degli impianti tecnici in relazione alle condizioni ambientali esterne e ai differenti profili di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti dell’edificio, comportando una riduzione dei consumi energetici e fornendo nel contempo i massimi livelli di comfort, sicurezza e qualità. Gli impianti considerati sono quelli di riscaldamento, di preparazione acqua calda sanitaria, di raffrescamento, di ventilazione e condizionamento, di illuminazione, di controllo delle schermature solari, di gestione tecnica dell’edificio.

La norma introduce una classificazione in 4 classi di efficienza energetica delle funzioni di controllo degli impianti tecnici degli edifici, così come riportato in Tabella 7.2.

Tabella 7.2 – Classificazione dei sistemi di automazione secondo UNI EN15232.

Classe D NON ENERGY EFFICIENT	Comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione e controllo, non efficienti dal punto di vista energetico
Classe C STANDARD	Corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS) “tradizionali”, eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque a livelli prestazionali minimi rispetto alle loro reali potenzialità
Classe B ADVANCED	Comprende gli impianti dotati di un sistema di automazione e controllo (BACS) avanzato e dotati anche di alcune funzioni di gestione degli impianti tecnici di edificio (TBM) specifiche per una gestione centralizzata e coordinata dei singoli impianti
Classe A HIGH ENERGY PERFORMANCE	Corrisponde a sistemi BAC e TBM “ad alte prestazioni energetiche” cioè con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all’impianto
BACS: “Building Automation and Control Systems” – Sistemi di automazione e controllo degli edifici TBM: “Technical Home and Building Management” - Gestione tecnica dell’edificio.	

La classe C è considerata dal normatore la classe di riferimento, sebbene gli edifici esistenti, nei quali pochissime funzioni risultano automatizzate, si possano considerare mediamente in Classe D.

Per stimare l’impatto dei sistemi di automazione e controllo sulle prestazioni energetiche degli edifici è stato impiegato il metodo semplificato, detto anche metodo dei fattori BAC; questo metodo si basa su una procedura tabellare che permette una stima rapida dell’impatto delle funzioni BAC e TBM sui consumi energetici degli impianti tecnici dell’edificio.

In Tabella 7.3, Tabella 7.4 e Tabella 7.5 sono riportati i fattori BAC (per l'energia termica e elettrica) e le relative stime di risparmio energetico in percentuale, ottenibile passando da una classe di efficienza energetica attiva (A, B, C o D) all'altra.

Tabella 7.3 – Energia termica in edifici residenziali.

Classi e fattori di efficienza BAC				Risparmio (rif. Classe D)			Risparmio (rif. Classe C)	
D	C (rif.)	B	A	C/D	B/D	A/D	B/C	A/C
Senza automazione	Automazione standard	Automazione avanzata	Alta efficienza					
1,09	1,00	0,88	0,81	8%	19%	26%	12%	19%

Tabella 7.4 – Energia elettrica in edifici residenziali.

Classi e fattori di efficienza BAC				Risparmio (rif. Classe D)			Risparmio (rif. Classe C)	
D	C (rif.)	B	A	C/D	B/D	A/D	B/C	A/C
Senza automazione	Automazione standard	Automazione avanzata	Alta efficienza					
1,08	1,00	0,93	0,92	7%	14%	15%	7%	8%

Tabella 7.5 – Energia per acqua calda sanitaria in edifici residenziali.

Classi e fattori di efficienza BAC				Risparmio (rif. Classe D)			Risparmio (rif. Classe C)	
D	C (rif.)	B	A	C/D	B/D	A/D	B/C	A/C
Senza automazione	Automazione standard	Automazione avanzata	Alta efficienza					
1,11	1,00	0,9	0,8	10%	19%	28%	10%	20%

7.1 Risparmi per variazione della dotazione impiantistica

7.1.1 Caso Studio A

Sulla base dei fabbisogni individuati, delle caratteristiche e dei rendimenti dei sistemi impiantistici, la Tabella 7.6 ed il grafico di Figura 7.1 riepilogano i consumi di energia per le diverse varianti del caso studio. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con i consumi della Soluzione Base.

Tabella 7.6 – Consumi di energia del caso studio.

	Energia primaria							Consumi	
	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Gas	En. Elett.
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[Nm ³]	[kWh]
Soluz. Base	382	911	7.547	489	2.925	12.254	0,0%	845	1.751
Variante 1	382	911	6.355	489	2.925	11.062	9,7%	731	1.751
Variante 2	382	541	6.355	489	2.925	10.692	12,7%	644	2.028
Variante 3	382	911	3.738	489	2.925	8.444	31,1%	124	3.667
Variante 4	433	541	3.738	489	2.925	8.126	33,7%	0	4.167

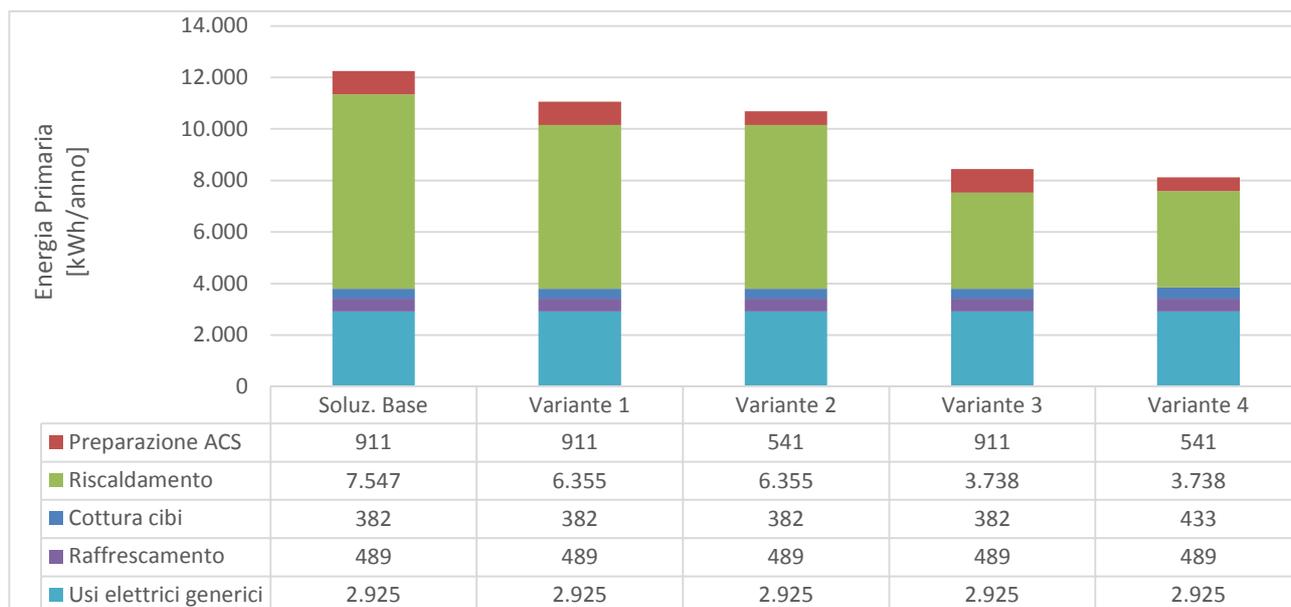


Figura 7.1 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Per ognuna delle varianti considerate si hanno consumi di energia primaria inferiori rispetto alla soluzione base. Complessivamente si raggiungono risparmi energetici interessanti, che vanno dal 9,7% della Variante 1, al 31,1% della Variante 3, al 33,7% della Variante 4. I risparmi sono dovuti essenzialmente ai maggiori rendimenti di produzione delle caldaie a condensazione e delle pompe di calore rispetto ad un generatore tradizionale; l'adozione di piani cottura a induzione (Variante 4) comporta un incremento dei consumi di energia primaria per la cottura dei cibi.

Sulla base dei consumi energetici calcolati, la Tabella 7.7 e i grafici di Figura 7.2 e Figura 7.3 riepilogano i costi per l'acquisto di gas e di energia elettrica per le diverse varianti dei casi studio. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con i costi della Soluzione Base in caso di tariffa D2.

Tabella 7.7 – Costi per l'acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

	Gas	Energia Elettrica	Totale	Risparmio
	[€]	[€]	[€]	[%]
Soluz. Base - Tariffa D2	730,89	289,41	1.020,30	0,0%
Soluz. Base - Tariffa D3	730,89	507,18	1.238,07	-21,3%
Variante 1 - Tariffa D2	639,11	289,41	928,52	9,0%
Variante 1 - Tariffa D3	639,11	507,18	1.146,29	-12,3%
Variante 2 - Tariffa D2	569,30	341,22	910,52	10,8%
Variante 2 - Tariffa D3	569,30	569,71	1.139,01	-11,6%
Variante 3 - Tariffa D2	164,15	779,38	943,53	7,5%
Variante 3 - Tariffa D3	164,15	944,93	1.109,08	-8,7%
Variante 3 - Tariffa D1	164,15	837,10	1.001,25	1,9%
Variante 3 - Tariffa D2+BTA	164,15	699,67	863,82	15,3%
Variante 3 - Tariffa D3+BTA	164,15	894,49	1.058,64	-3,8%
Variante 4 - Tariffa D2	-	932,64	932,64	8,6%
Variante 4 - Tariffa D3	-	1.059,40	1.059,40	-3,8%
Variante 4 - Tariffa D1	-	946,13	946,13	7,3%
Variante 4 - Tariffa D2+BTA	-	775,82	775,82	24,0%
Variante 4 - Tariffa D3+BTA	-	1.003,54	1.003,54	1,6%

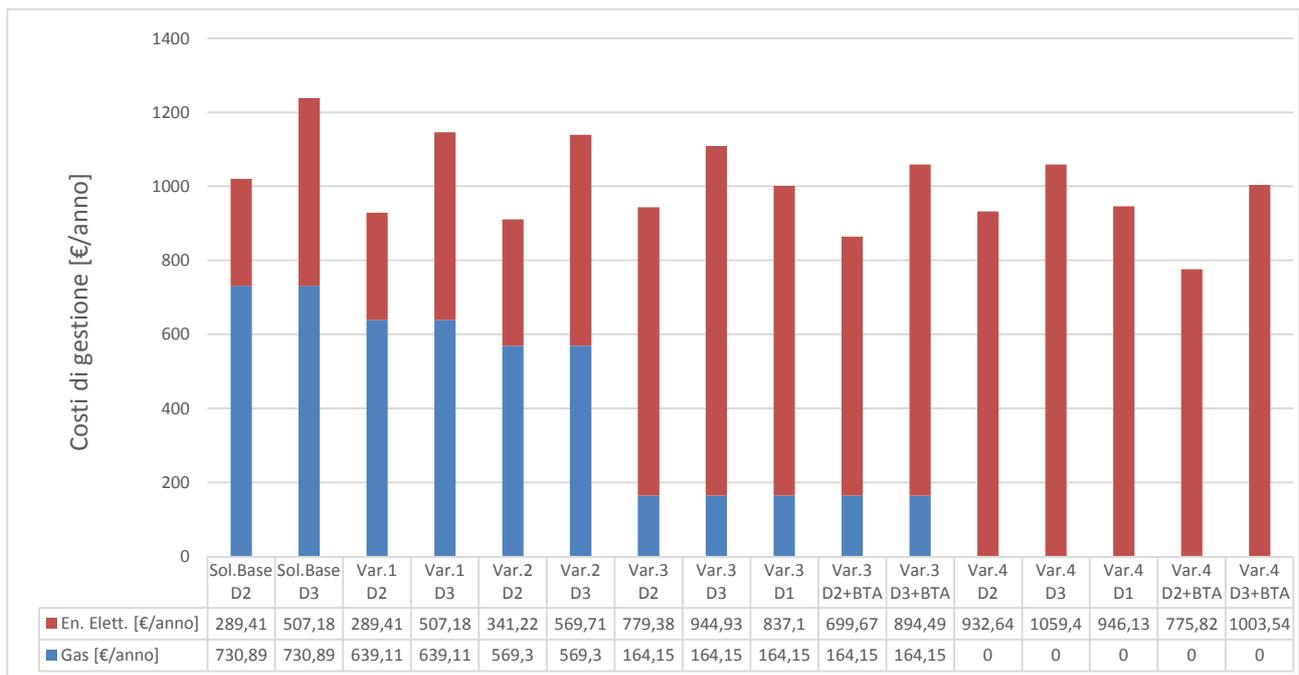


Figura 7.2 - Costi per l'acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

L'analisi del grafico di Figura 7.2 mostra come le diverse opzioni tariffarie risultino rilevanti ai fini di un risparmio economico. Le penalizzazioni della tariffa D3 rispetto alla Tariffa D2 possono comportare incrementi di costo consistenti. Per il Caso Studio A, inoltre, visti i bassi consumi connessi al riscaldamento la tariffa D1 risulta leggermente peggiore rispetto alla tariffa D2 per residenti.

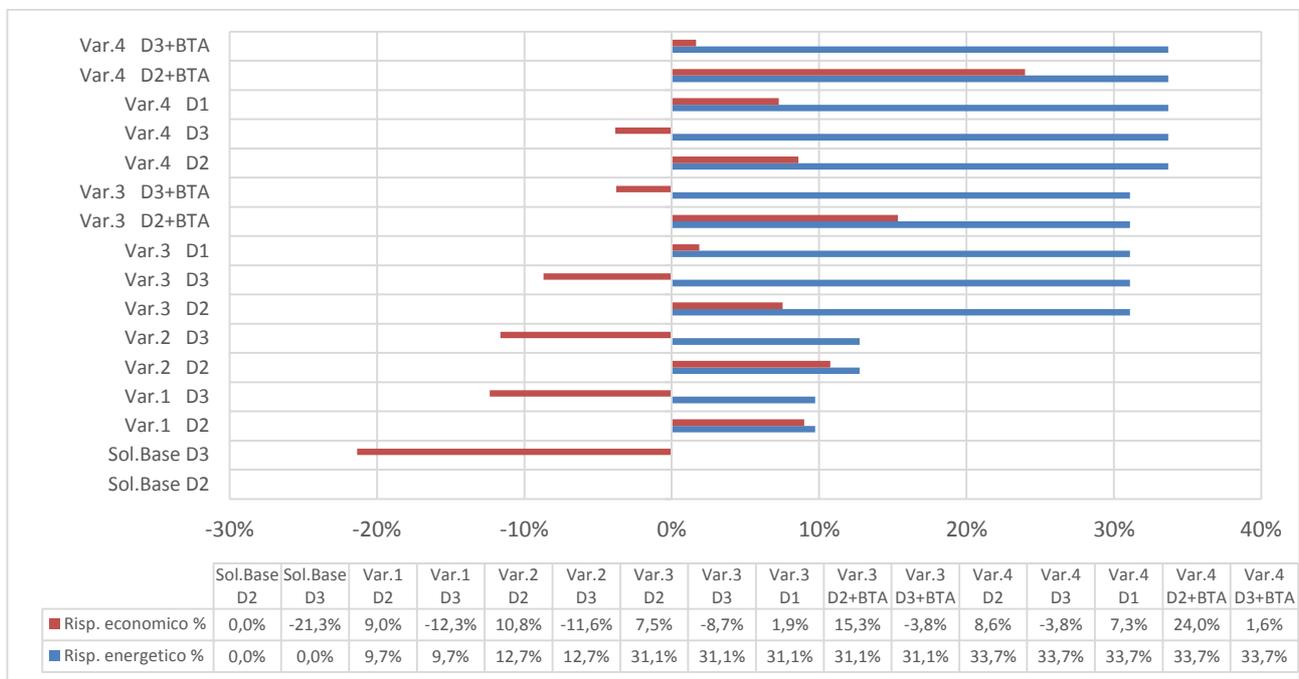


Figura 7.3 – Risparmi energetici ed economici per le diverse varianti del caso studio.

Dal grafico di Figura 7.3 risulta una evidente disgiunzione tra i risparmi economici delle diverse soluzioni considerate e i risparmi energetici.

Allo stato attuale i benefici a livello energetico derivanti dall'introduzione di pompe di calore per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria sono confermati a livello economico solo in parte e solo per impianti centralizzati, con applicazione della tariffa BTA.

Con riferimento ai soli consumi elettrici, per le quattro varianti, è stata effettuata una stima per tipologia dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili (Figura 7.4).

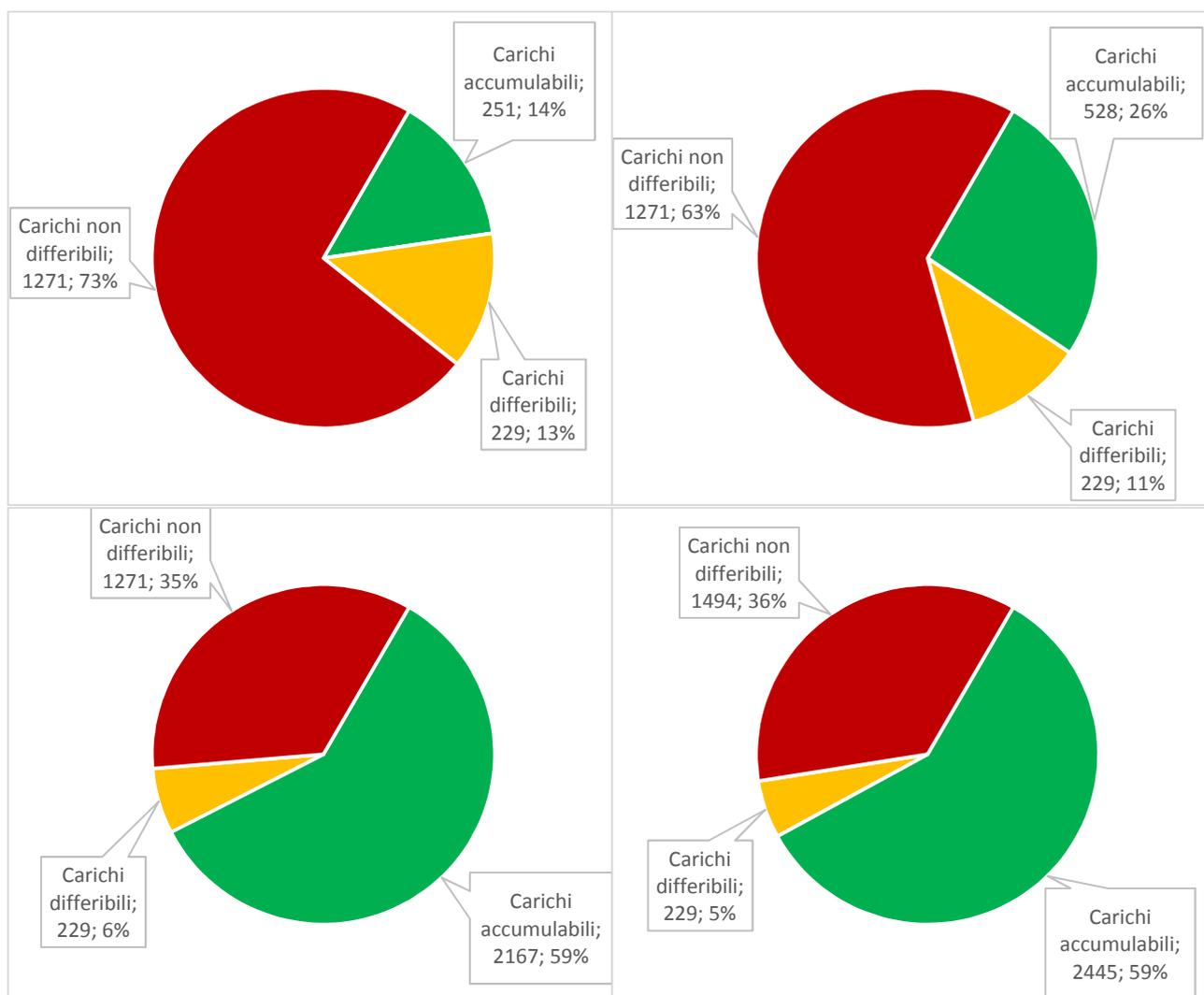


Figura 7.4 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 1 in alto a sinistra; Variante 2 in alto a destra, Variante 3 in basso a sinistra, Variante 4 in basso a destra.

La Variante 1 è identica alla Soluzione Base; per le altre varianti, caratterizzate da una elettrificazione crescente delle utenze cresce il peso delle utenze potenzialmente accumulabili, che passa dal 14% della Soluzione Base al 59% delle Varianti 3 e 4.

7.1.2 Caso studio B

Sulla base dei fabbisogni individuati, delle caratteristiche e dei rendimenti dei sistemi impiantistici, la Tabella 7.8 ed il grafico di Figura 7.5 riepilogano i consumi di energia per le diverse varianti del caso studio. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con i consumi della Soluzione Base.

Tabella 7.8 – Consumi di energia del caso studio.

	Energia primaria							Consumi	
	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Gas	En. Elett.
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[Nm ³]	[kWh]
Soluz. Base	859	1.377	24.281	978	4.290	31.785	0,0%	2.536	2.702
Variante 1	859	1.377	20.447	978	4.290	27.951	12,1%	2.169	2.702
Variante 2	859	818	20.447	978	4.290	27.393	13,8%	2.037	3.121
Variante 3	859	1.377	12.025	978	4.290	19.529	38,6%	214	8.868
Variante 4	975	818	12.025	978	4.290	19.086	40,0%	0	9.788

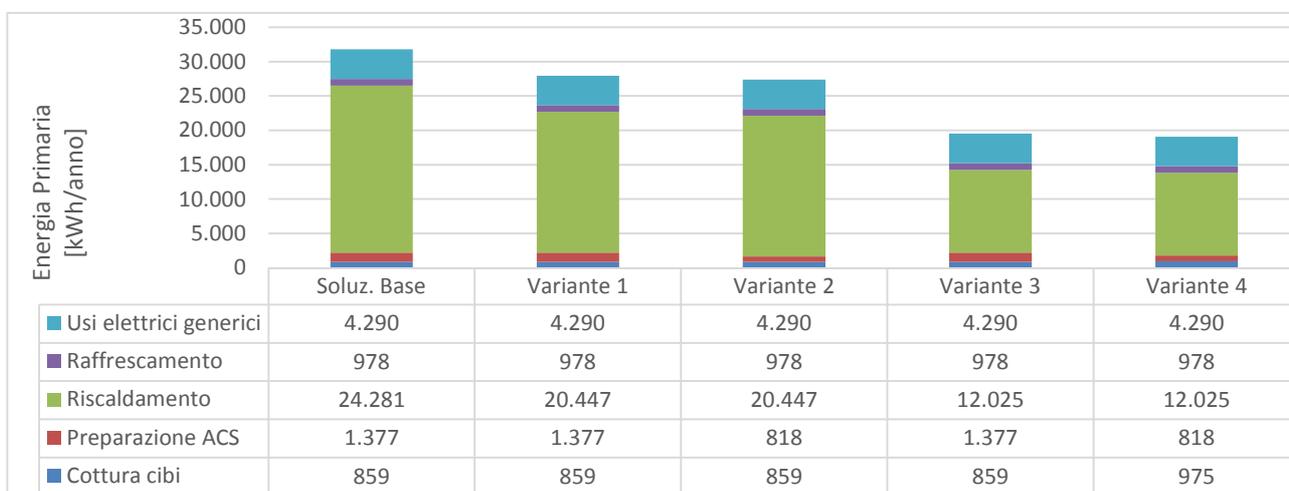


Figura 7.5 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Per ognuna delle varianti considerate si hanno consumi di energia primaria inferiori rispetto alla soluzione base. Complessivamente si raggiungono risparmi energetici interessanti, che vanno dal 12,1% della Variante 1, al 38,6% della Variante 3, al 40,0% della Variante 4. I risparmi sono dovuti essenzialmente ai maggiori rendimenti di produzione delle caldaie a condensazione e delle pompe di calore rispetto ad un generatore tradizionale; l'adozione di piani cottura a induzione (Variante 4) comporta un incremento dei consumi di energia primaria per la cottura dei cibi.

Sulla base dei consumi energetici calcolati, la Tabella 7.9 e i grafici di Figura 7.6 e Figura 7.7 riepilogano i costi per l'acquisto di gas e di energia elettrica per le diverse varianti dei casi studio. Per la Variante 3 è stato considerato un impegno di potenza di 6 kW, mentre per la Variante 4 di 7,5 kW. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con i costi della Soluzione Base in caso di tariffa D2. Per la Variante 3 e per la Variante 4, in conseguenza di un impegno di potenza maggiore di 3 kW, non risulta applicabile la tariffa D2. Ricordando che il caso in esame si riferisce ad una villetta di 100 m², nelle stime di costo che seguono sono state considerate anche le opzioni BTA per impianti centralizzati, per uniformità di trattazione e ritenendo il caso comunque rappresentativo di un'abitazione avente consumi per riscaldamento molto alti.

Tabella 7.9 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

	Gas	Energia Elettrica	Totale	Risparmio
	[€]	[€]	[€]	[%]
Soluz. Base - Tariffa D2	2.108,89	483,59	2.592,48	0,0%
Soluz. Base - Tariffa D3	2.108,89	724,01	2.832,90	-9,3%
Variante 1 - Tariffa D2	1.807,58	483,59	2.291,17	11,6%
Variante 1 - Tariffa D3	1.807,58	724,01	2.531,59	2,3%
Variante 2 - Tariffa D2	1.699,69	612,02	2.311,71	10,8%
Variante 2 - Tariffa D3	1.699,69	819,94	2.519,63	2,8%
Variante 3 - Tariffa D2				
Variante 3 - Tariffa D3	233,28	2.207,20	2.440,48	5,9%
Variante 3 - Tariffa D1	233,28	1.911,23	2.144,51	17,3%
Variante 3 - Tariffa D2+BTA	233,28	1.678,29	1.911,57	26,3%
Variante 3 - Tariffa D3+BTA	233,28	1.911,49	2.144,77	17,3%
Variante 4 - Tariffa D2				
Variante 4 - Tariffa D3	-	2.453,61	2.453,61	5,4%
Variante 4 - Tariffa D1	-	2.114,37	2.114,37	18,4%
Variante 4 - Tariffa D2+BTA	-	1.914,12	1.914,12	26,2%
Variante 4 - Tariffa D3+BTA	-	2.122,11	2.122,11	18,1%

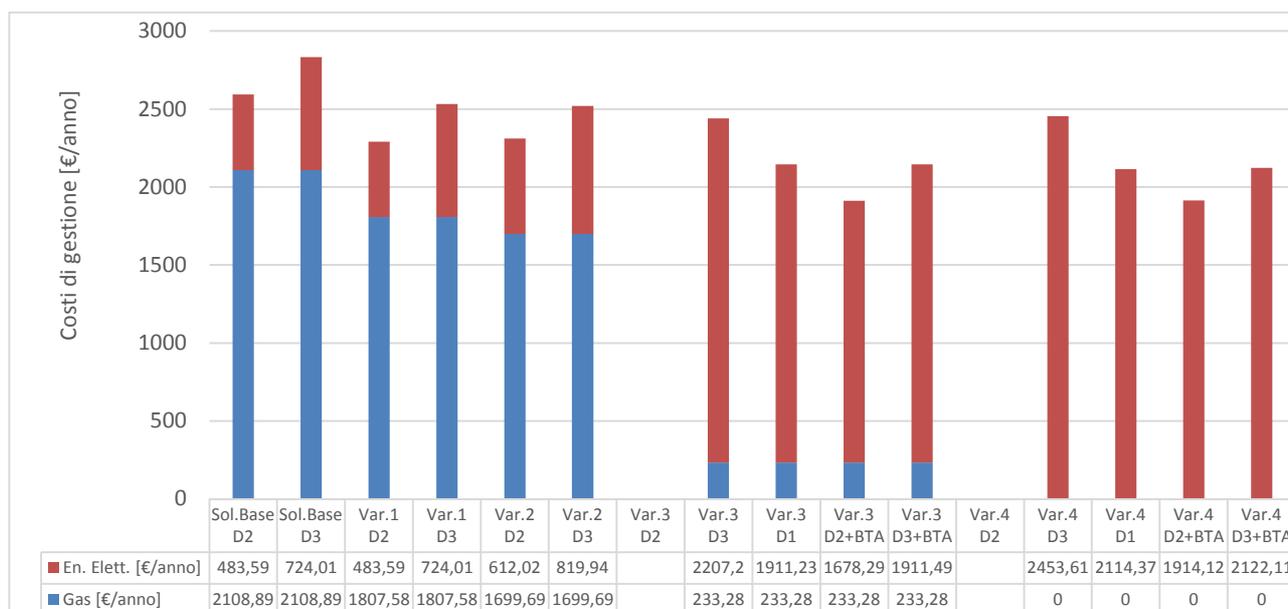


Figura 7.6 - Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

L’analisi del grafico di Figura 7.6 mostra come le diverse opzioni tariffarie risultino rilevanti ai fini di un risparmio economico. Le penalizzazioni della tariffa D3 rispetto alla Tariffa D2 possono comportare incrementi di costo consistenti. Per il Caso Studio B, a differenza di quanto visto per il Caso Studio A, la tariffa D1 risulta migliore rispetto alla tariffa D3 per residenti.

Dal grafico di Figura 7.7 risulta una evidente disgiunzione tra i risparmi economici delle diverse soluzioni considerate e i risparmi economici.

Allo stato attuale i benefici a livello energetico derivanti dall’introduzione di pompe di calore per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria sono confermati a livello economico solo in parte e solo per impianti centralizzati, con applicazione della tariffa BTA.

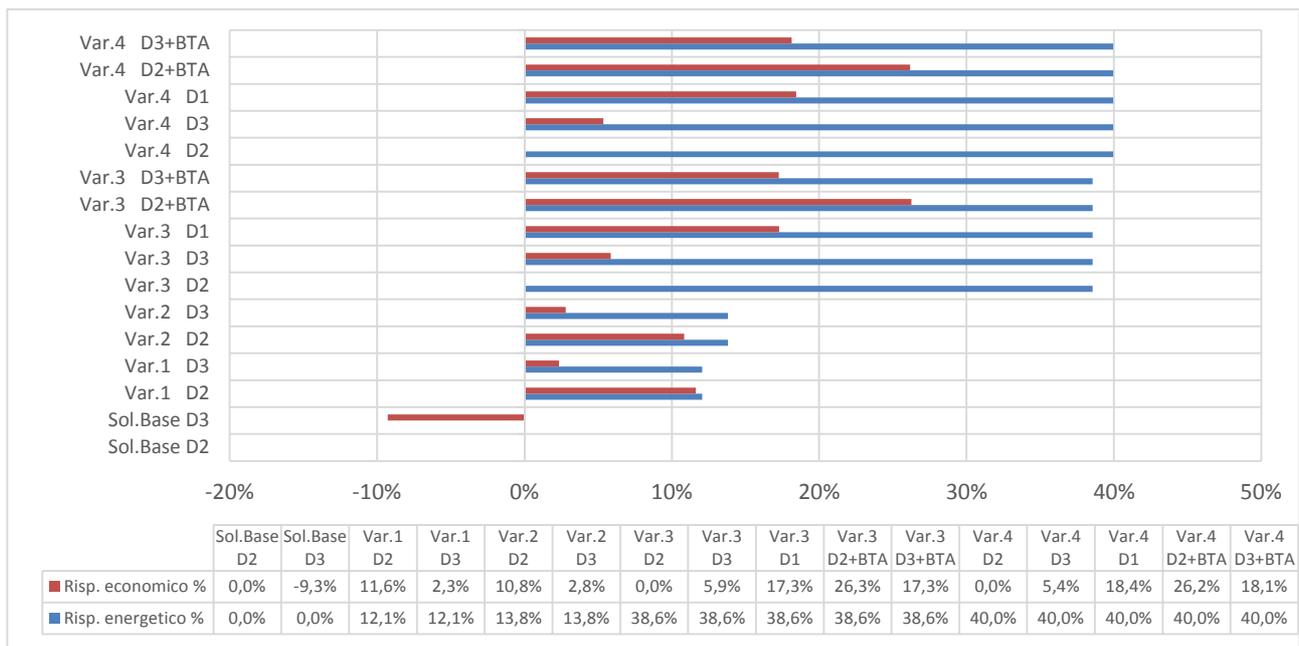


Figura 7.7 – Risparmi energetici ed economici per le diverse varianti del caso studio.

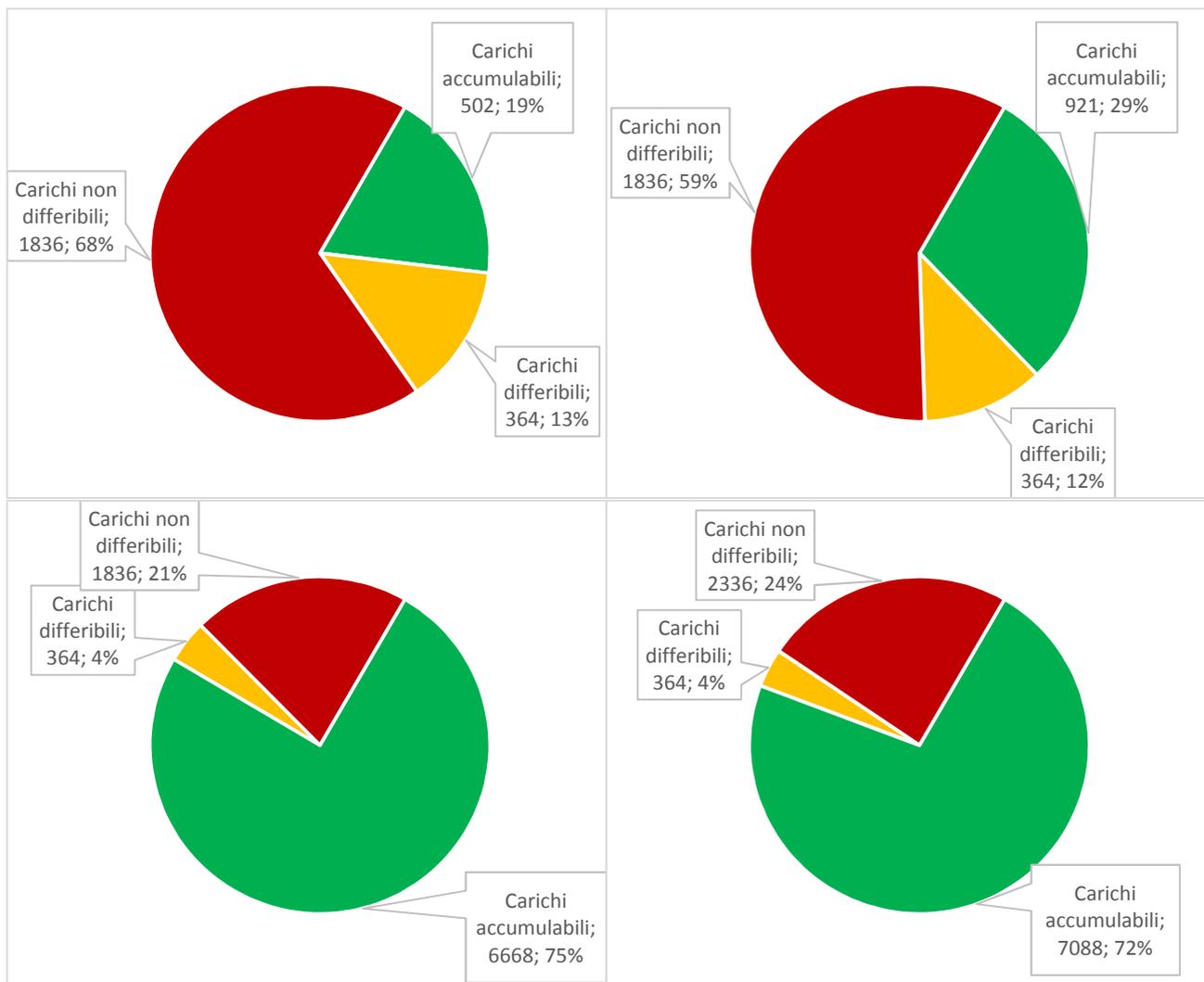


Figura 7.8 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 1 in alto a sinistra; Variante 2 in alto a destra, Variante 3 in basso a sinistra, Variante 4 in basso a destra.

Con riferimento ai soli consumi elettrici, per le quattro Varianti, è stata effettuata una stima per tipologia dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili (Figura 7.8).

La Variante 1 è identica alla Soluzione Base; per le altre varianti, caratterizzate da una elettrificazione crescente delle utenze cresce il peso delle utenze potenzialmente accumulabili, che passa dal 19% della Soluzione Base al 75% della Varianti 3, al 72% della Variante 4.

7.1.3 Caso studio C

Sulla base dei fabbisogni individuati, delle caratteristiche e dei rendimenti dei sistemi impiantistici, la Tabella 7.10 ed il grafico di Figura 7.9 riepilogano i consumi di energia per le diverse varianti del caso studio. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con i consumi della Soluzione Base.

Tabella 7.10 – Consumi di energia del caso studio.

	Energia primaria							Consumi	
	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Gas	En. Elett.
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[Nm ³]	[kWh]
Soluz. Base	1.145	2.231	12.075	782	5.265	21.499	0,0%	1.478	3.101
Variante 1	1.145	2.231	10.168	782	5.265	19.592	8,9%	1.295	3.101
Variante 2	1.145	1.326	10.168	782	5.265	18.687	13,1%	1.082	3.781
Variante 3	1.145	2.231	5.980	782	5.265	15.404	28,4%	323	6.168
Variante 4	1.300	1.326	5.980	782	5.265	14.653	31,8%	0	7.515

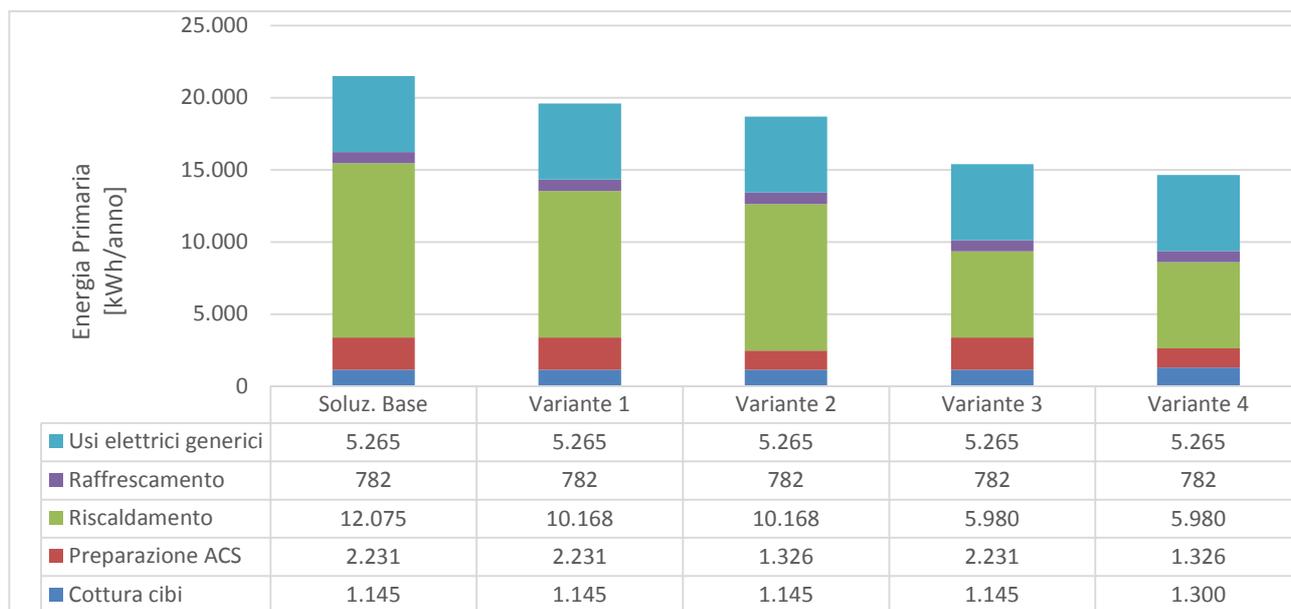


Figura 7.9 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Per ognuna delle varianti considerate si hanno consumi di energia primaria inferiori rispetto alla soluzione base. Complessivamente si raggiungono risparmi energetici interessanti, che vanno dall’8,9% della Variante 1, al 28,4% della Variante 3, al 31,8% della Variante 4. I risparmi sono dovuto essenzialmente ai maggiori rendimenti di produzione delle caldaie a condensazione e delle pompe di calore rispetto ad un generatore tradizionale; l’adozione di piani cottura a induzione (Variante 4) comporta un incremento dei consumi di energia primaria per la cottura dei cibi.

Sulla base dei consumi energetici calcolati, la Tabella 7.11 e i grafici di Figura 7.10 e di Figura 7.11 riepilogano i costi per l’acquisto di gas e di energia elettrica per le diverse varianti dei casi studio. Per la Variante 3 è stato considerato un impegno di potenza di 4,5 kW, mentre per la Variante 4 di 6,0 kW. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con i costi della Soluzione Base in caso di tariffa D2. Per la Variante 3 e per la Variante 4, in conseguenza di un impegno di potenza maggiore di 3 kW, non risulta applicabile la tariffa D2.

Tabella 7.11 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

	Gas	Energia Elettrica	Totale	Risparmio
	[€]	[€]	[€]	[%]
Soluz. Base - Tariffa D2	1.240,76	605,89	1.846,65	0,0%
Soluz. Base - Tariffa D3	1.240,76	815,36	2.056,12	-11,3%
Variante 1 - Tariffa D2	1.093,29	605,89	1.699,18	8,0%
Variante 1 - Tariffa D3	1.093,29	815,36	1.908,65	-3,4%
Variante 2 - Tariffa D2	921,50	814,32	1.735,82	6,0%
Variante 2 - Tariffa D3	921,50	971,03	1.892,53	-2,5%
Variante 3 - Tariffa D2				
Variante 3 - Tariffa D3	316,53	1.553,29	1.869,82	-1,3%
Variante 3 - Tariffa D1	316,53	1.364,42	1.680,95	9,0%
Variante 3 - Tariffa D2+BTA	316,53	1.172,43	1.488,96	19,4%
Variante 3 - Tariffa D3+BTA	316,53	1.413,01	1.729,54	6,3%
Variante 4 - Tariffa D2				
Variante 4 - Tariffa D3	-	1.897,45	1.897,45	-2,8%
Variante 4 - Tariffa D1	-	1.649,99	1.649,99	10,6%
Variante 4 - Tariffa D2+BTA	-	1.585,31	1.585,31	14,2%
Variante 4 - Tariffa D3+BTA	-	1.721,38	1.721,38	6,8%

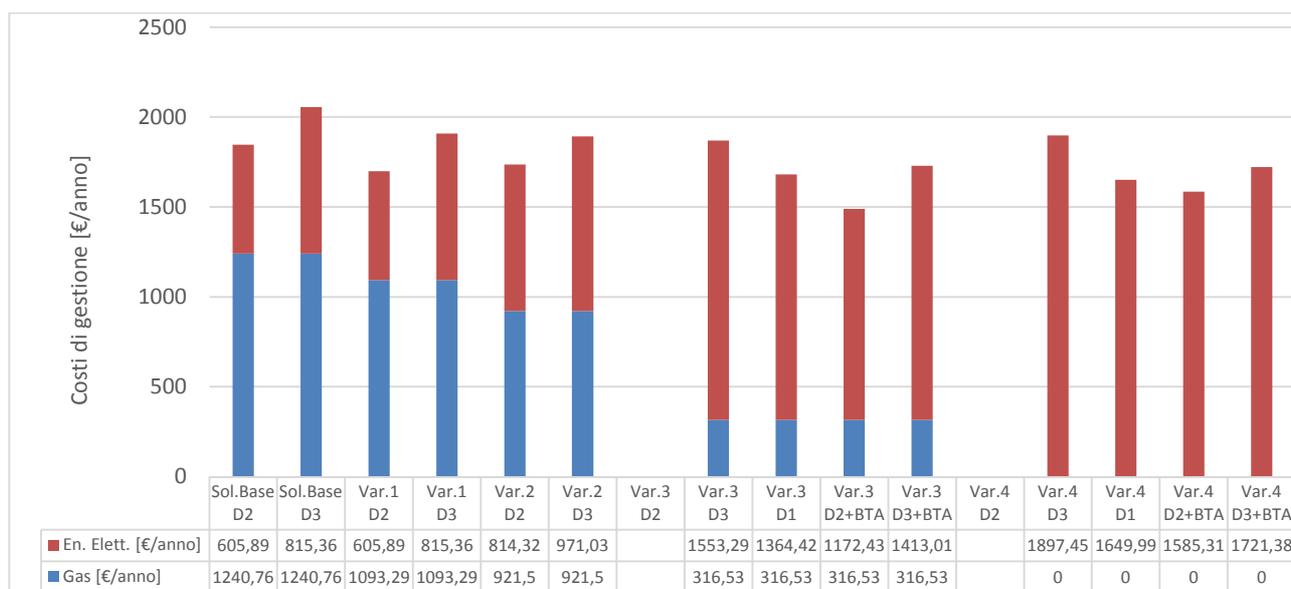


Figura 7.10 - Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

L’analisi del grafico di Figura 7.10 mostra come le diverse opzioni tariffarie risultino rilevanti ai fini di un risparmio economico. Le penalizzazioni della tariffa D3 rispetto alla Tariffa D2 possono comportare incrementi di costo consistenti. Anche per il Caso Studio C, a differenza di quanto visto per il Caso Studio A, la tariffa D1 risulta migliore rispetto alla tariffa D3 per residenti.

Dal grafico di Figura 7.11 risulta una evidente disgiunzione tra i risparmi economici delle diverse soluzioni considerate e i risparmi economici.

Allo stato attuale i benefici a livello energetico derivanti dall’introduzione di pompe di calore per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria sono confermati a livello economico solo in parte e solo per impianti centralizzati, con applicazione della tariffa BTA.

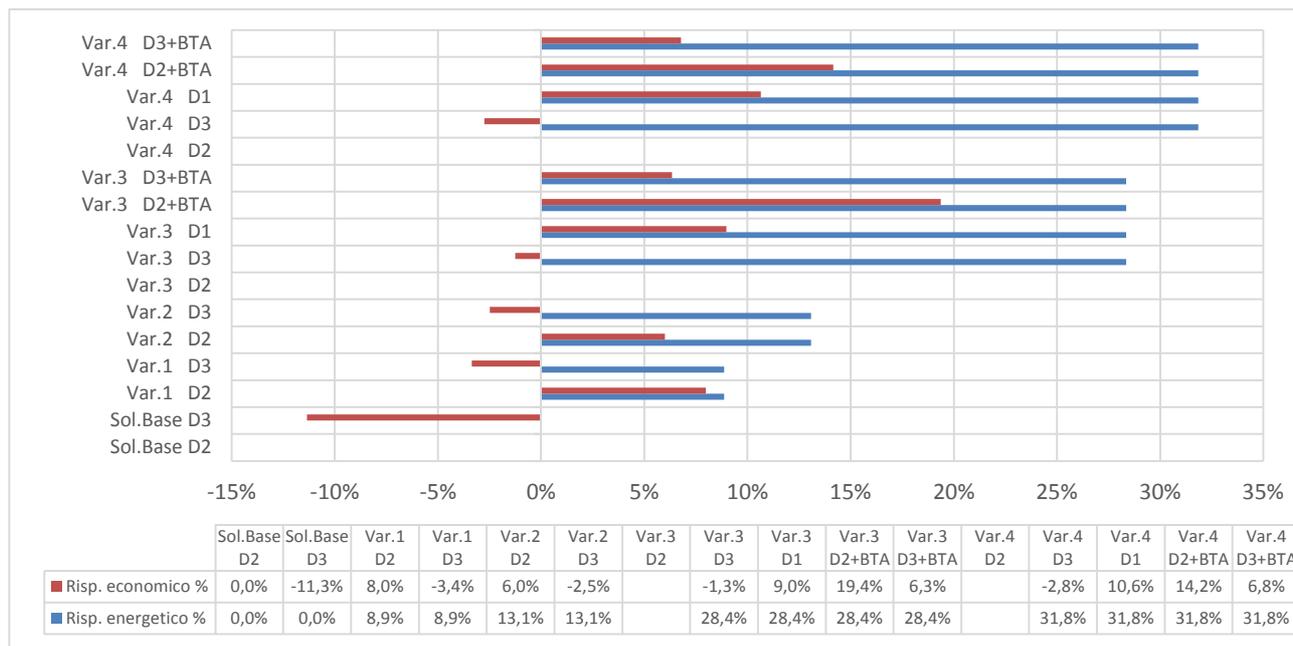


Figura 7.11 – Risparmi energetici ed economici per le diverse varianti del caso studio.

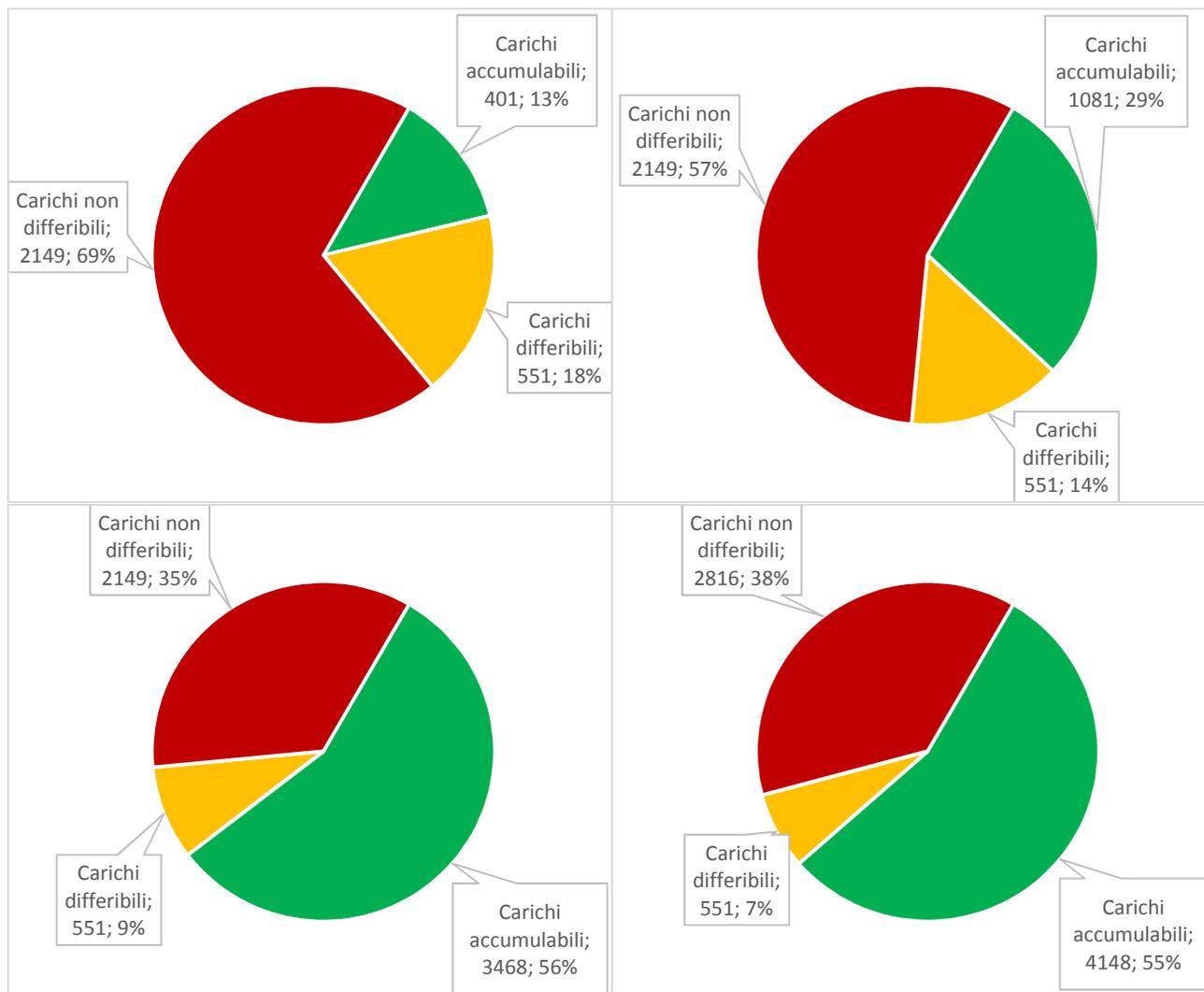


Figura 7.12 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 1 in alto a sinistra; Variante 2 in alto a destra, Variante 3 in basso a sinistra, Variante 4 in basso a destra.

Con riferimento ai soli consumi elettrici, per le quattro varianti, è stata effettuata una stima per tipologia dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili (Figura 7.12).

La Variante 1 è identica alla Soluzione Base; per le altre varianti, caratterizzate da una elettrificazione crescente delle utenze cresce il peso delle utenze potenzialmente accumulabili, che passa dal 18% della Soluzione Base al 56% della Varianti 3 e al 55% della Variante 4.

7.2 Risparmi per introduzione di sistemi di automazione

In questo paragrafo sono riportati i risparmi ottenibili con l'introduzione di sistemi di automazione, calcolati considerando i Casi Studio inizialmente privi di sistemi di automazione (Classe D) e applicando le riduzioni indicate in Tabella 7.3, Tabella 7.4 e Tabella 7.5 ai consumi per riscaldamento, raffrescamento, preparazione di acqua calda sanitaria e illuminazione.

7.2.1 Caso Studio A

Sulla base delle elaborazioni effettuate, la Tabella 7.12 ed il grafico di Figura 7.13 riepilogano i consumi di energia per le diverse classi di efficienza dei sistemi di automazione. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con la Classe D.

Tabella 7.12 – Consumi di energia del caso studio.

	Energia primaria							Consumi	
	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Gas	En. Elett.
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[Nm ³]	[kWh]
Caso A - Classe D	382	911	7547	489	2925	12.254	0,0%	845	1.751
Caso A - Classe C	382	819	6943	449	2892	11.485	6,3%	779	1.713
Caso A - Classe B	382	738	6112	395	2861	10.488	14,4%	692	1.670
Caso A - Classe A	382	655	5585	361	2855	9.837	19,7%	633	1.649

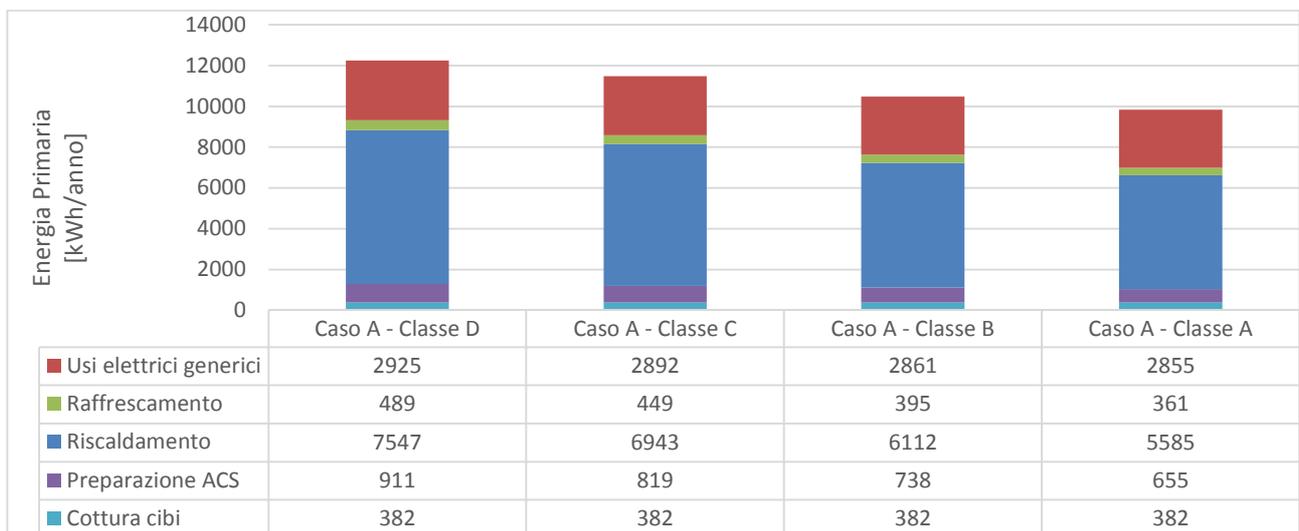


Figura 7.13 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Al crescere dell'efficienza dei sistemi di automazione, diminuiscono i consumi energetici, con una diminuzione che raggiunge il 19,7% passando dalla Classe D alla Classe A.

Tabella 7.13 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio al variare della classe del sistema di automazione, nel caso di residenti (tariffa D2).

	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso A - Classe D	730,89	289,41	1020,3	0,0%
Caso A - Classe C	677,55	284,87	962,42	5,7%
Caso A - Classe B	606,95	279,73	886,68	13,1%
Caso A - Classe A	559,89	277,23	837,12	18,0%

Tabella 7.14 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio al variare della classe del sistema di automazione, nel caso di non residenti (tariffa D3).

	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso A - Classe D	730,89	507,18	1238,07	0,0%
Caso A - Classe C	677,55	499,17	1176,72	5,0%
Caso A - Classe B	606,95	490,1	1097,05	11,4%
Caso A - Classe A	559,89	485,67	1045,56	15,5%

I risparmi economici (Tabella 7.13, Tabella 7.14, Figura 7.14) che si ottengono sono analoghi ai risparmi energetici:

- al crescere della percentuale di risparmio, per effetto della progressività delle tariffe elettriche, le percentuali di risparmio economico sono inferiori alle percentuali di risparmio energetico;
- per i non residenti, per effetto della maggiore incidenza dei costi fissi, la differenza tra risparmi energetici ed economici è maggiore.

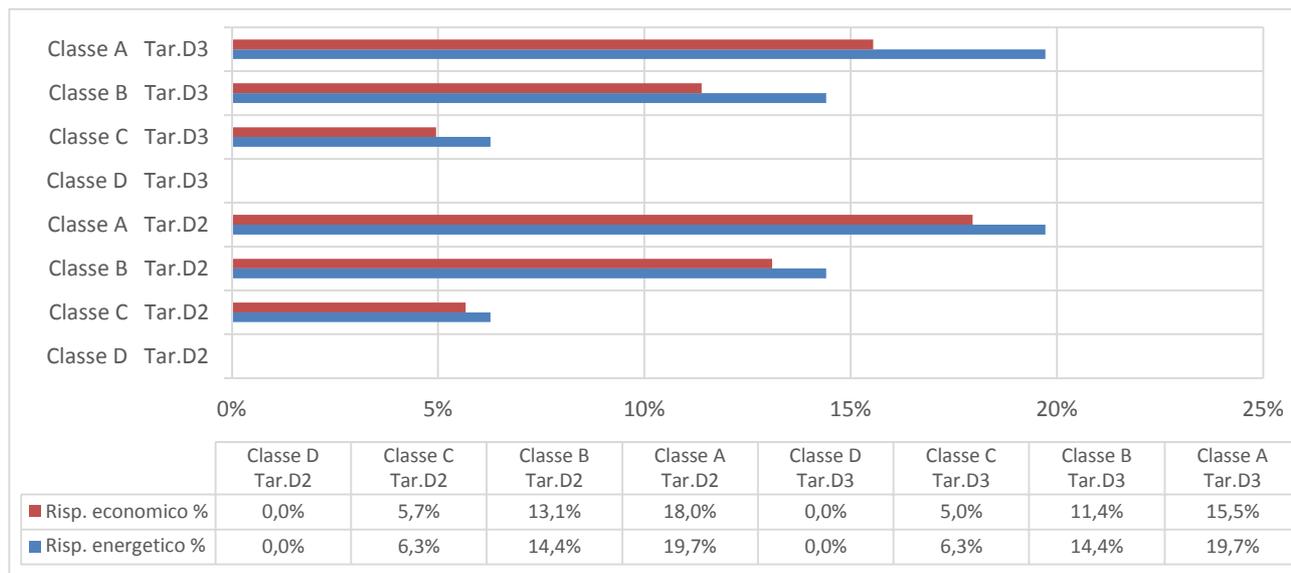


Figura 7.14 – Risparmi energetici ed economici per le diverse classi.

7.2.2 Caso Studio B

Sulla base delle elaborazioni effettuate, la Tabella 7.15 ed il grafico di Figura 7.15 riepilogano i consumi di energia per le diverse classi di efficienza dei sistemi di automazione. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con la Classe D.

Tabella 7.15 – Consumi di energia del caso studio.

	Energia primaria							Consumi	
	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Gas	En. Elett.
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[Nm ³]	[kWh]
Caso B - Classe D	859	1377	24281	978	4290	31785	0,0%	2536	2702
Caso B - Classe C	859	1239	22339	899	4245	29581	6,9%	2337	2638
Caso B - Classe B	859	1114	19668	792	4202	26635	16,2%	2069	2561
Caso B - Classe A	859	991	17968	723	4196	24738	22,2%	1895	2523

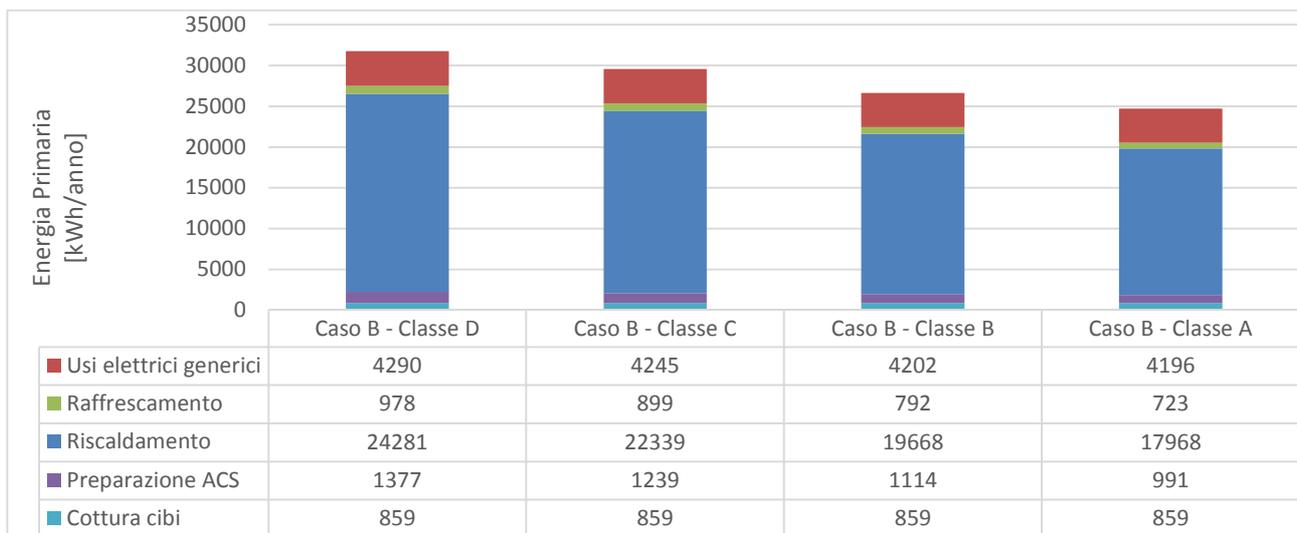


Figura 7.15 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Al crescere dell'efficienza dei sistemi di automazione, diminuiscono i consumi energetici, con una diminuzione che raggiunge il 22,2% passando dalla Classe D alla Classe A.

Tabella 7.16 – Costi per l'acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio al variare della classe del sistema di automazione, nel caso di residenti (tariffa D2).

	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso B - Classe D	2.108,89	483,59	2592,48	0,0%
Caso B - Classe C	1945,05	464,18	2409,23	7,1%
Caso B - Classe B	1726,06	448,66	2174,72	16,1%
Caso B - Classe A	1583	441	2024	21,9%

Tabella 7.17 – Costi per l'acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio al variare della classe del sistema di automazione, nel caso di non residenti (tariffa D3).

	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso B - Classe D	2.108,89	724,01	2832,9	0,0%
Caso B - Classe C	1945,05	709,36	2654,41	6,3%
Caso B - Classe B	1726,06	691,73	2417,79	14,7%
Caso B - Classe A	1583	683,03	2266,03	20,0%

I risparmi economici (Tabella 7.16, Tabella 7.17, Figura 7.16) che si ottengono sono analoghi ai risparmi energetici:

- al crescere della percentuale di risparmio, per effetto della progressività delle tariffe elettriche, le percentuali di risparmio economico sono inferiori alle percentuali di risparmio energetico;
- per i non residenti, per effetto della maggiore incidenza dei costi fissi, la differenza tra risparmi energetici ed economici è maggiore.

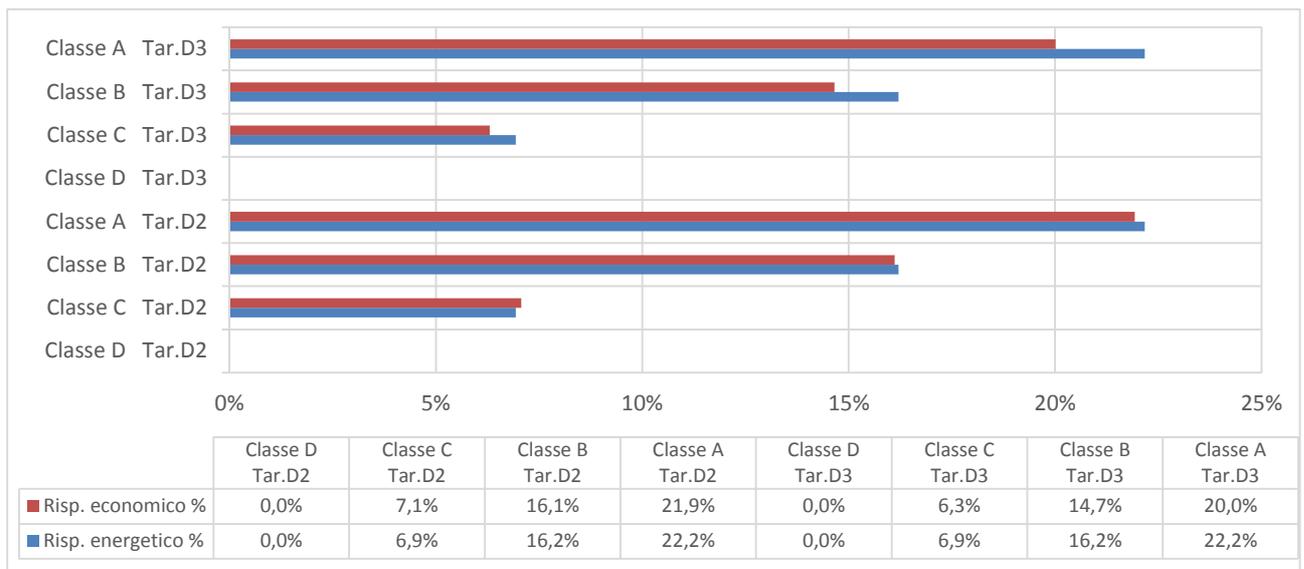


Figura 7.16 – Risparmi energetici ed economici per le diverse classi.

7.2.3 Caso Studio C

Sulla base delle elaborazioni effettuate, la Tabella 7.18 ed il grafico di Figura 7.17 riepilogano i consumi di energia per le diverse classi di efficienza dei sistemi di automazione. I risparmi percentuali sono stati calcolati per confronto con la Classe D.

Tabella 7.18 – Consumi di energia del caso studio.

	Energia primaria							Consumi	
	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Gas	En. Elett.
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[Nm ³]	[kWh]
Caso C - Classe D	1145	2231	12075	782	5265	21499	0,0%	1478	3101
Caso C - Classe C	1145	2008	11109	719	5226	20208	6,0%	1364	3049
Caso C - Classe B	1145	1807	9781	633	5187	18554	13,7%	1218	2985
Caso C - Classe A	1145	1607	8936	579	5181	17447	18,8%	1118	2954

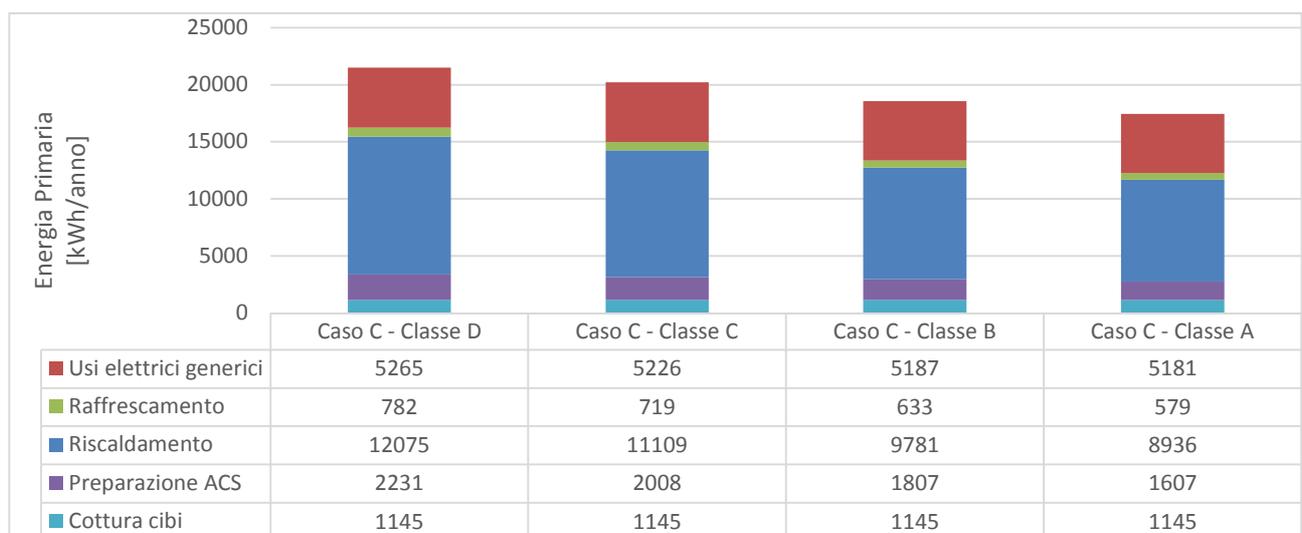


Figura 7.17 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Al crescere dell'efficienza dei sistemi di automazione, diminuiscono i consumi energetici, con una diminuzione che raggiunge il 18,8% passando dalla Classe D alla Classe A.

Tabella 7.19 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio al variare della classe del sistema di automazione, nel caso di residenti (tariffa D2).

	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso C - Classe D	1.240,76	605,89	1.846,65	0,0%
Caso C - Classe C	1.148,98	589,95	1738,93	5,8%
Caso C - Classe B	1.031,32	570,34	1601,66	13,3%
Caso C - Classe A	950,52	560,83	1511,35	18,2%

Tabella 7.20 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio al variare della classe del sistema di automazione, nel caso di non residenti (tariffa D3).

	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso C - Classe D	1.240,76	815,36	2.056,12	0,0%
Caso C - Classe C	1.148,98	803,45	1952,43	5,0%
Caso C - Classe B	1031,32	788,8	1820,12	11,5%
Caso C - Classe A	950,52	781,7	1732,22	15,8%

I risparmi economici (Tabella 7.19, Tabella 7.20, Figura 7.18) che si ottengono sono analoghi ai risparmi energetici:

- al crescere della percentuale di risparmio, per effetto della progressività delle tariffe, le percentuali di risparmio economico sono inferiori alle percentuali di risparmio energetico;
- per i non residenti, per effetto della maggiore incidenza dei costi fissi, la differenza tra risparmi energetici ed economici è maggiore.



Figura 7.18 – Risparmi energetici ed economici per le diverse classi.

7.3 Risparmi per variazione della dotazione impiantistica e per introduzione di sistemi di automazione

Nei paragrafi precedenti si è visto che:

- a partire dalla Soluzione Base, tutte le Varianti comportano un risparmio energetico in termini di energia primaria;
- prendendo a riferimento la Soluzione Base, i risparmi economici sono debolmente correlati ai risparmi energetici, mentre sono molto dipendenti dalla tariffazione dell’energia elettrica;
- a partire da sistemi di automazione in Classe D, l’applicazione di sistemi più efficienti comporta risparmi economici ed energetici crescenti con l’efficienza del sistema di automazione.

In questo paragrafo sono illustrati i risparmi energetici ed economici derivanti congiuntamente da una elettrificazione delle utenze e dall'introduzione di sistemi di automazione.

Per semplicità di esposizione si farà riferimento solo al confronto tra la Classe D e la Classe A; i risparmi ottenibili con la Classe C e con la Classe B sono ovviamente intermedi rispetto a quanto di seguito illustrato.

7.3.1 Caso Studio A

I risparmi energetici ottenibili per le diverse Varianti del Caso Studio A sono riportati in Tabella 7.21 e nel grafico di Figura 7.19, per confronto con la Soluzione Base, caratterizzata da sistemi di automazione in Classe D.

Tabella 7.21 – Consumi di energia primaria del caso studio.

	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Risp. aggiuntiva da Classe D a Classe A
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[%]
Soluz. Base - Classe D	382	911	7.547	489	2.925	12.254	0,0%	
Soluz. Base - Classe A	382	655	5.585	361	2.855	9.837	19,7%	19,7%
Variante 1 - Classe D	382	911	6.355	489	2.925	11.062	9,7%	
Variante 1 - Classe A	382	655	4.703	361	2.855	8.956	26,9%	17,2%
Variante 2 - Classe D	382	541	6.355	489	2.925	10.692	12,7%	
Variante 2 - Classe A	382	389	4.703	361	2.855	8.690	29,1%	16,3%
Variante 3 - Classe D	382	911	3.738	489	2.925	8.444	31,1%	
Variante 3 - Classe A	382	655	2.766	361	2.855	7.018	42,7%	11,6%
Variante 4 - Classe D	433	541	3.738	489	2.925	8.126	33,7%	
Variante 4 - Classe A	433	389	2.766	361	2.855	6.804	44,5%	10,8%

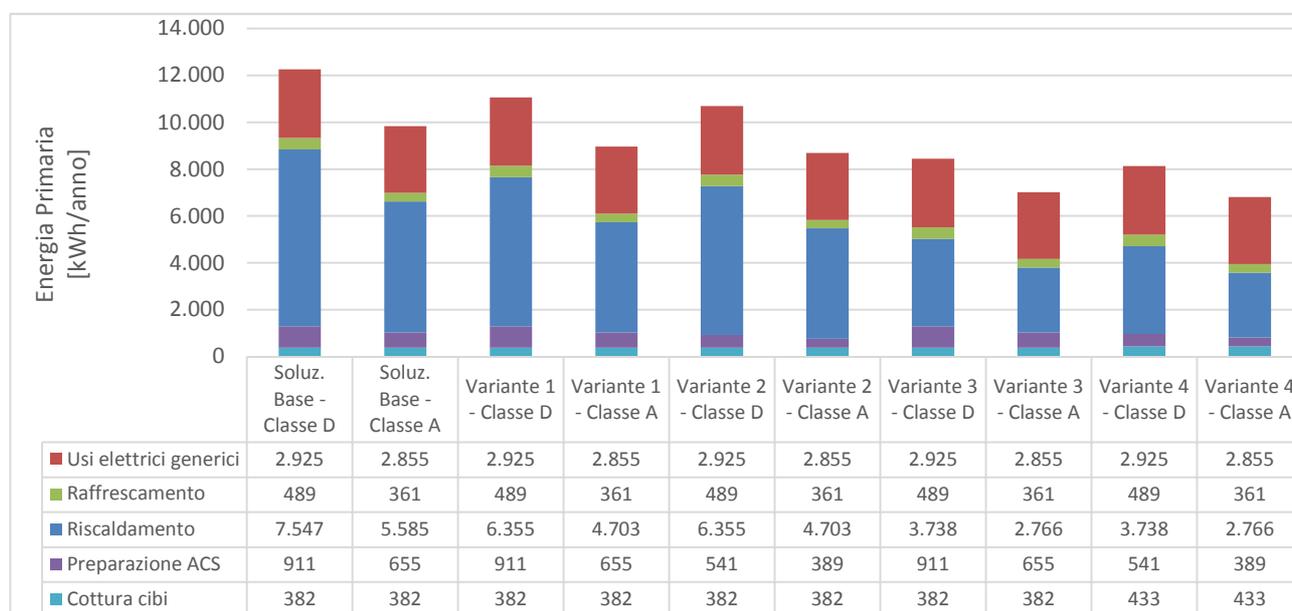


Figura 7.19 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Nel confronto con la Soluzione Base in Classe D, per le Varianti caratterizzate dai minori consumi energetici, il beneficio derivante da sistemi di automazione efficienti è ovviamente minore, dal momento che la riduzione interviene percentualmente su un valore di partenza più basso.

Tabella 7.22 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

	Classe D				Classe A				Resp. addizionale da Classe D a Classe A [%]
	Gas	Energia Elettrica	Totale	Resp.	Gas	Energia Elettrica	Totale	Resp.	
	[€]	[€]	[€]	[%]	[€]	[€]	[€]	[%]	
Soluz. Base - Tariffa D2	730,89	289,41	1.020,30	0,0%	559,89	277,23	837,12	18,0%	18,0%
Soluz. Base - Tariffa D3	730,89	507,18	1.238,07	-21,3%	559,89	485,67	1.045,56	-2,5%	18,9%
Variante 1 - Tariffa D2	639,11	289,41	928,52	9,0%	492,43	277,23	769,66	24,6%	15,6%
Variante 1 - Tariffa D3	639,11	507,18	1.146,29	-12,3%	492,43	485,67	978,10	4,1%	16,5%
Variante 2 - Tariffa D2	569,30	341,22	910,52	10,8%	441,44	305,14	746,58	26,8%	16,1%
Variante 2 - Tariffa D3	569,30	569,71	1.139,01	-11,6%	441,44	528,73	970,17	4,9%	16,5%
Variante 3 - Tariffa D2	164,15	779,38	943,53	7,5%	151,86	595,78	747,64	26,7%	19,2%
Variante 3 - Tariffa D3	164,15	944,93	1.109,08	-8,7%	151,86	807,80	959,66	5,9%	14,6%
Variante 3 - Tariffa D1	164,15	837,10	1.001,25	1,9%	151,86	706,50	858,36	15,9%	14,0%
Variante 3 - Tariffa D2+BTA	164,15	699,67	863,82	15,3%	151,86	587,53	739,39	27,5%	12,2%
Variante 3 - Tariffa D3+BTA	164,15	894,49	1.058,64	-3,8%	151,86	779,06	930,92	8,8%	12,5%
Variante 4 - Tariffa D2	-	932,64	932,64	8,6%	-	724,82	724,82	29,0%	20,4%
Variante 4 - Tariffa D3	-	1.059,40	1.059,40	-3,8%	-	904,18	904,18	11,4%	15,2%
Variante 4 - Tariffa D1	-	946,13	946,13	7,3%	-	798,29	798,29	21,8%	14,5%
Variante 4 - Tariffa D2+BTA	-	775,82	775,82	24,0%	-	645,00	645,00	36,8%	12,8%
Variante 4 - Tariffa D3+BTA	-	1.003,54	1.003,54	1,6%	-	869,60	869,60	14,8%	13,1%

Anche con riferimento ai costi di gestione (Tabella 7.22), nel confronto con la Soluzione Base in Classe D e in Tariffa D2, per le Varianti caratterizzate da costi più bassi, il beneficio derivante da sistemi di automazione efficienti è minore, dal momento che la riduzione interviene percentualmente su un valore di partenza più basso.

Con riferimento ai soli consumi elettrici, per le quattro varianti, è stata effettuata una stima per tipologia dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili, per confronto tra la Classe D e la Classe A del sistema di automazione.

Per tutte le Varianti, l’effetto di una maggiore efficienza del sistema di automazione è una riduzione più marcata dei carichi accumulabili, rispetto alle altre tipologie di carico, così come riportato in Figura 7.20, Figura 7.21, Figura 7.22 e Figura 7.23.

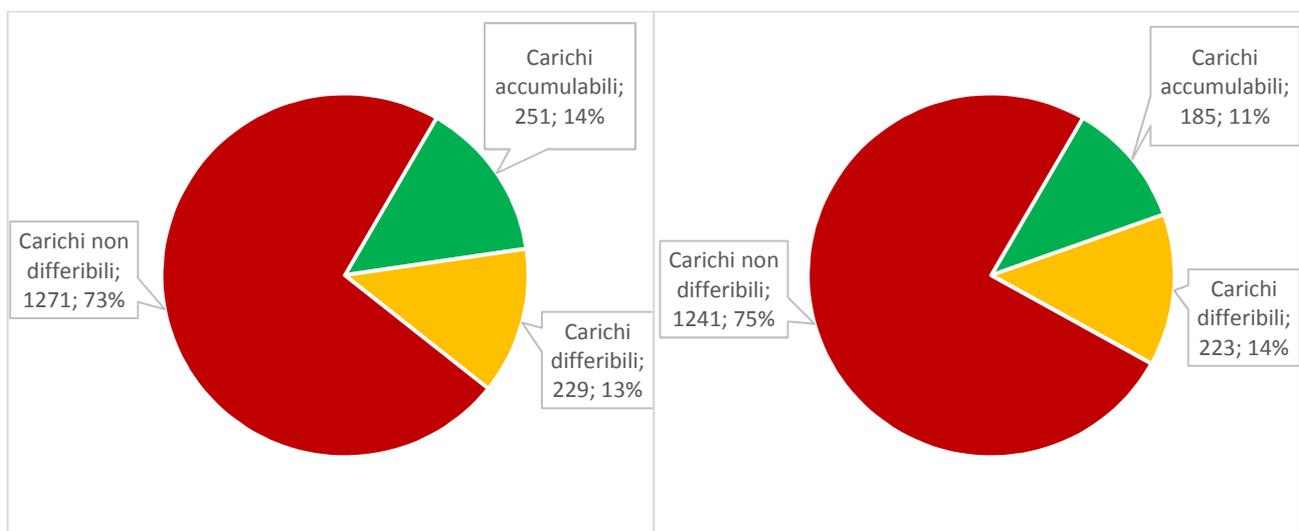


Figura 7.20 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 1 Classe D a sinistra; Variante 1 Classe A a destra.

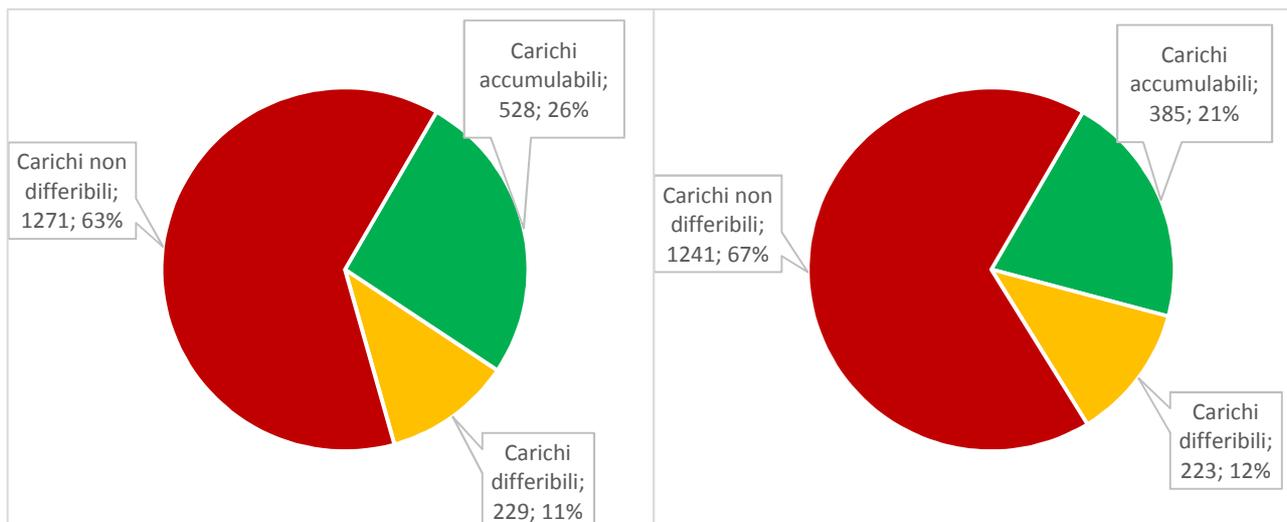


Figura 7.21 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 2 Classe D a sinistra; Variante 2 Classe A a destra.

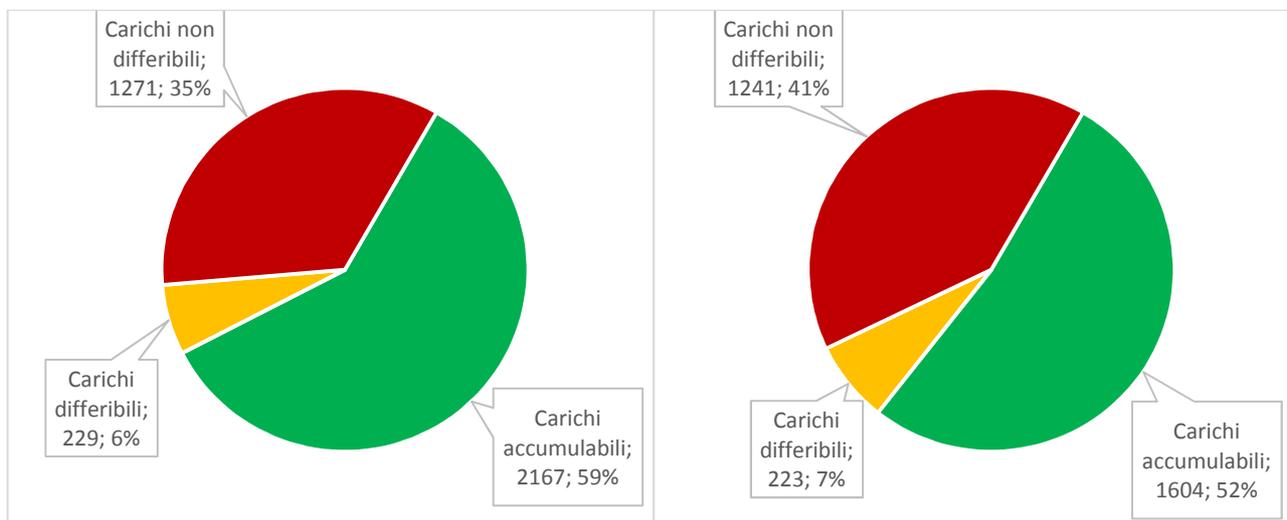


Figura 7.22 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 3 Classe D a sinistra; Variante 3 Classe A a destra.

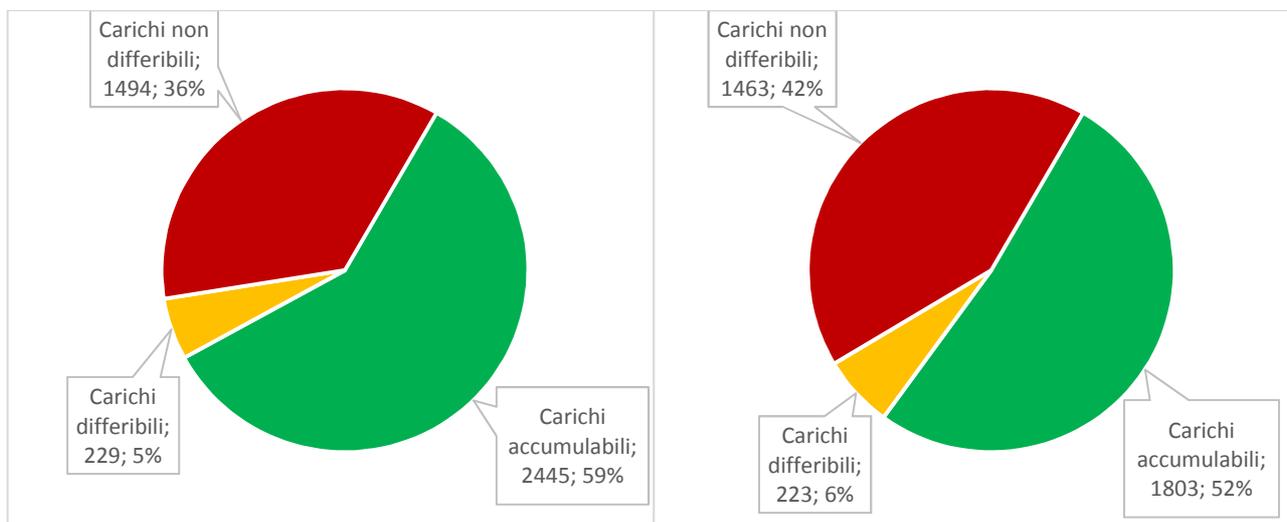


Figura 7.23 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 4 Classe D a sinistra; Variante 4 Classe A a destra.

7.3.2 Caso Studio B

I risparmi energetici ottenibili per le diverse Varianti del Caso Studio B sono riportati in Tabella 7.23 e nel grafico di Figura 7.24, per confronto con la Soluzione Base, caratterizzata da sistemi di automazione in Classe D.

Tabella 7.23 – Consumi di energia primaria del caso studio.

	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Risp. aggiuntiva da Classe D a Classe A
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[%]
Soluz. Base - Classe D	859	1.377	24.281	978	4.290	31.785	0,0%	
Soluz. Base - Classe A	859	991	17.968	723	4.196	24.738	22,2%	22,2%
Variante 1 - Classe D	859	1.377	20.447	978	4.290	27.951	12,1%	
Variante 1 - Classe A	859	991	15.131	723	4.196	21.901	31,1%	19,0%
Variante 2 - Classe D	859	818	20.447	978	4.290	27.393	13,8%	
Variante 2 - Classe A	859	589	15.131	723	4.196	21.499	32,4%	18,5%
Variante 3 - Classe D	859	1.377	12.025	978	4.290	19.529	38,6%	
Variante 3 - Classe A	859	991	8.899	723	4.196	15.668	50,7%	12,1%
Variante 4 - Classe D	975	818	12.025	978	4.290	19.086	40,0%	
Variante 4 - Classe A	975	589	8.899	723	4.196	15.382	51,6%	11,7%

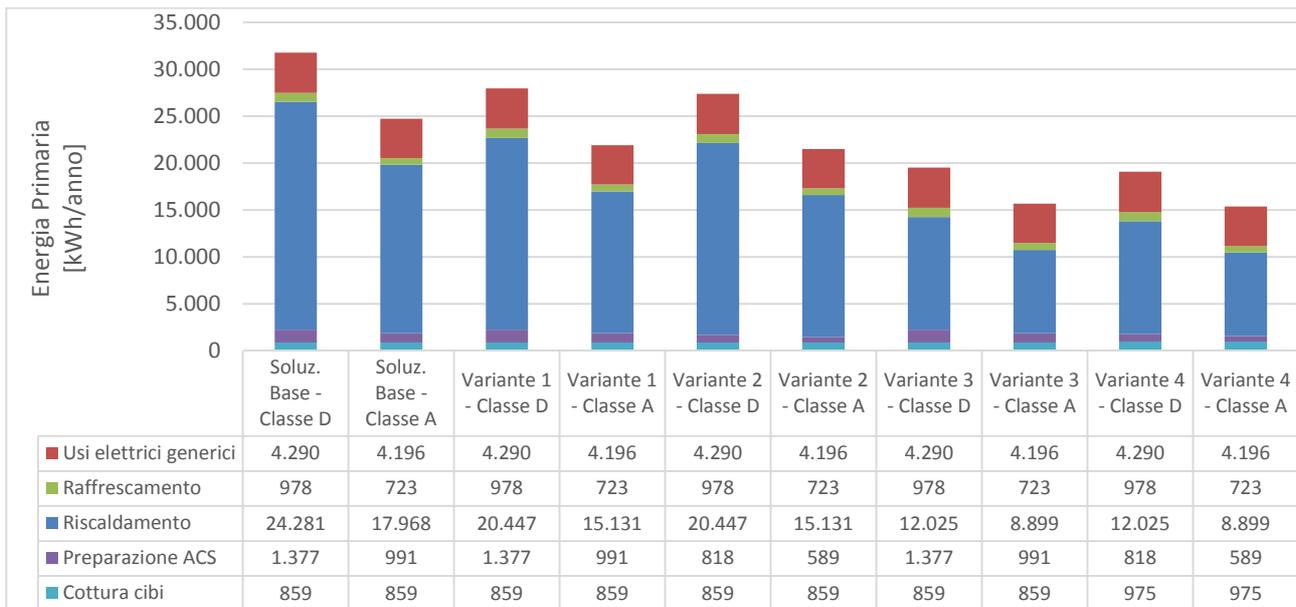


Figura 7.24 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Nel confronto con la Soluzione Base in Classe D, per le Varianti caratterizzate dai minori consumi energetici, il beneficio derivante da sistemi di automazione efficienti è ovviamente minore, dal momento che la riduzione interviene percentualmente su un valore di partenza più basso.

Tabella 7.24 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

	Classe D				Classe A				Risp. addizionale da Classe D a Classe A [%]
	Gas	Energia Elettrica	Totale	Risp.	Gas	Energia Elettrica	Totale	Risp.	
	[€]	[€]	[€]	[%]	[€]	[€]	[€]	[%]	
Soluz. Base - Tariffa D2	2.108,89	483,59	2.592,48	0,0%	1.583,00	441,00	2.024,00	21,9%	21,9%
Soluz. Base - Tariffa D3	2.108,89	724,01	2.832,90	-9,3%	1.583,00	683,03	2.266,03	12,6%	21,9%
Variante 1 - Tariffa D2	1.807,58	483,59	2.291,17	11,6%	1.360,02	441,00	1.801,02	30,5%	18,9%
Variante 1 - Tariffa D3	1.807,58	724,01	2.531,59	2,3%	1.360,02	683,03	2.043,05	21,2%	18,8%
Variante 2 - Tariffa D2	1.699,69	612,02	2.311,71	10,8%	1.282,49	521,29	1.803,78	30,4%	19,6%
Variante 2 - Tariffa D3	1.699,69	819,94	2.519,63	2,8%	1.282,49	752,17	2.034,66	21,5%	18,7%
Variante 3 - Tariffa D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variante 3 - Tariffa D3	233,28	2.207,20	2.440,48	5,9%	205,03	1.799,24	2.004,27	22,7%	16,8%
Variante 3 - Tariffa D1	233,28	1.911,23	2.144,51	17,3%	205,03	1.567,17	1.772,20	31,6%	14,4%
Variante 3 - Tariffa D2+BTA	233,28	1.678,29	1.911,57	26,3%	205,03	1.336,47	1.541,50	40,5%	14,3%
Variante 3 - Tariffa D3+BTA	233,28	1.911,49	2.144,77	17,3%	205,03	1.568,35	1.773,38	31,6%	14,3%
Variante 4 - Tariffa D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variante 4 - Tariffa D3	-	2.453,61	2.453,61	5,4%	-	1.982,84	1.982,84	23,5%	18,2%
Variante 4 - Tariffa D1	-	2.114,37	2.114,37	18,4%	-	1.722,01	1.722,01	33,6%	15,1%
Variante 4 - Tariffa D2+BTA	-	1.914,12	1.914,12	26,2%	-	1.531,08	1.531,08	40,9%	14,8%
Variante 4 - Tariffa D3+BTA	-	2.122,11	2.122,11	18,1%	-	1.751,95	1.751,95	32,4%	14,3%

Anche con riferimento ai costi di gestione (Tabella 7.24), nel confronto con la Soluzione Base in Classe D e in Tariffa D2, per le Varianti caratterizzate da costi più bassi, il beneficio derivante da sistemi di automazione efficienti è minore, dal momento che la riduzione interviene percentualmente su un valore di partenza più basso.

Con riferimento ai soli consumi elettrici, per le quattro varianti, è stata effettuata una stima per tipologia dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili, per confronto tra la Classe D e la Classe A del sistema di automazione.

Per tutte le Varianti, l’effetto di una maggiore efficienza del sistema di automazione è una riduzione più marcata dei carichi accumulabili, rispetto alle altre tipologie di carico, così come riportato in Figura 7.25, Figura 7.26, Figura 7.27 e Figura 7.28.

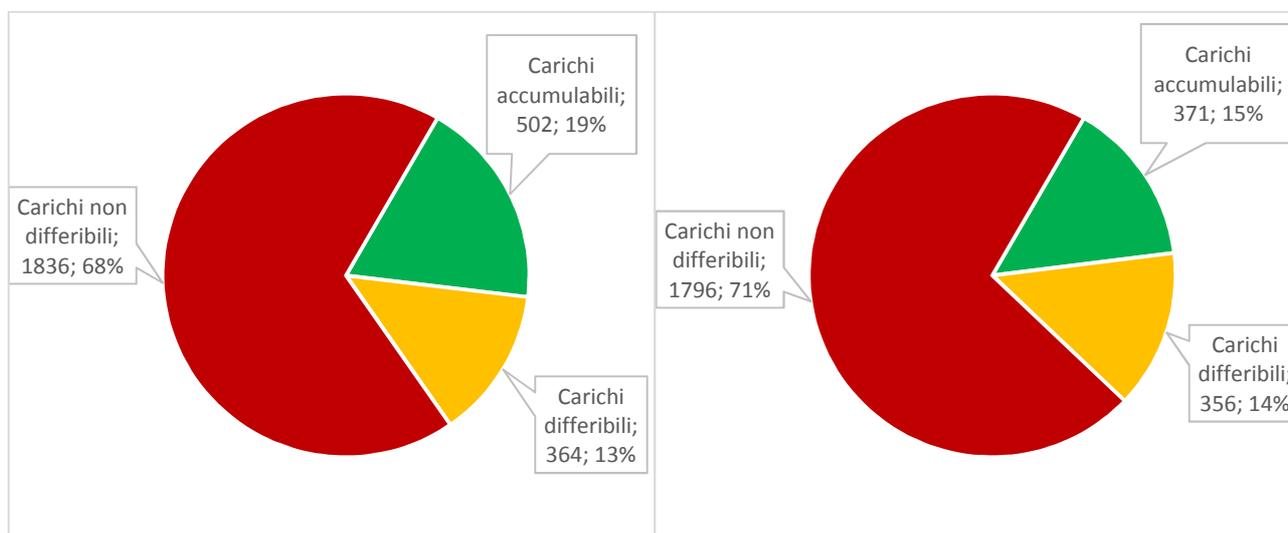


Figura 7.25 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 1 Classe D a sinistra; Variante 1 Classe A a destra.

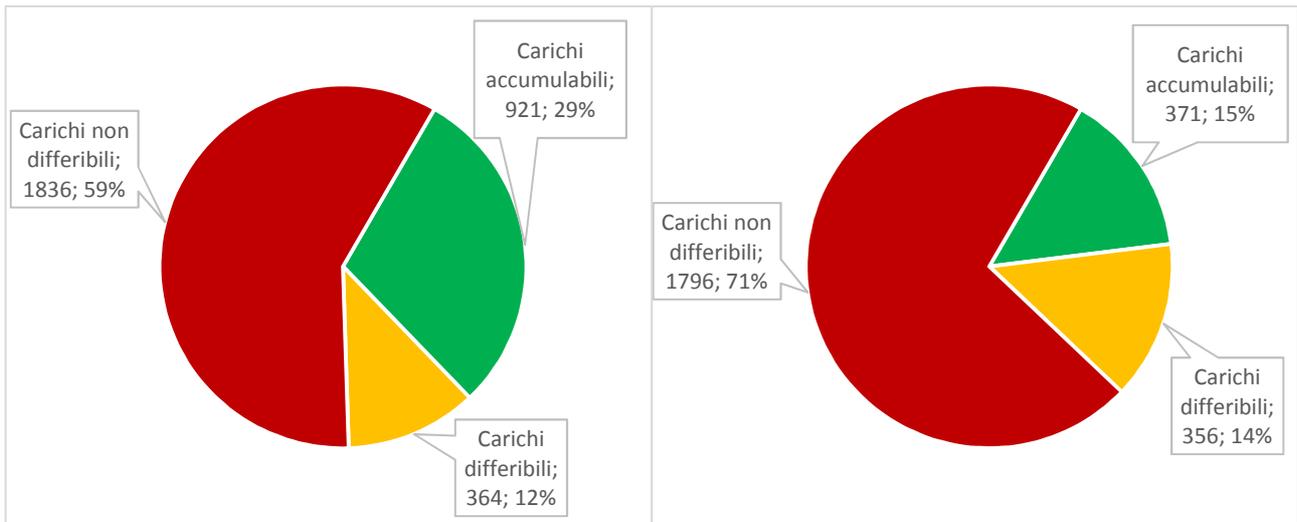


Figura 7.26 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 2 Classe D a sinistra; Variante 2 Classe A a destra.

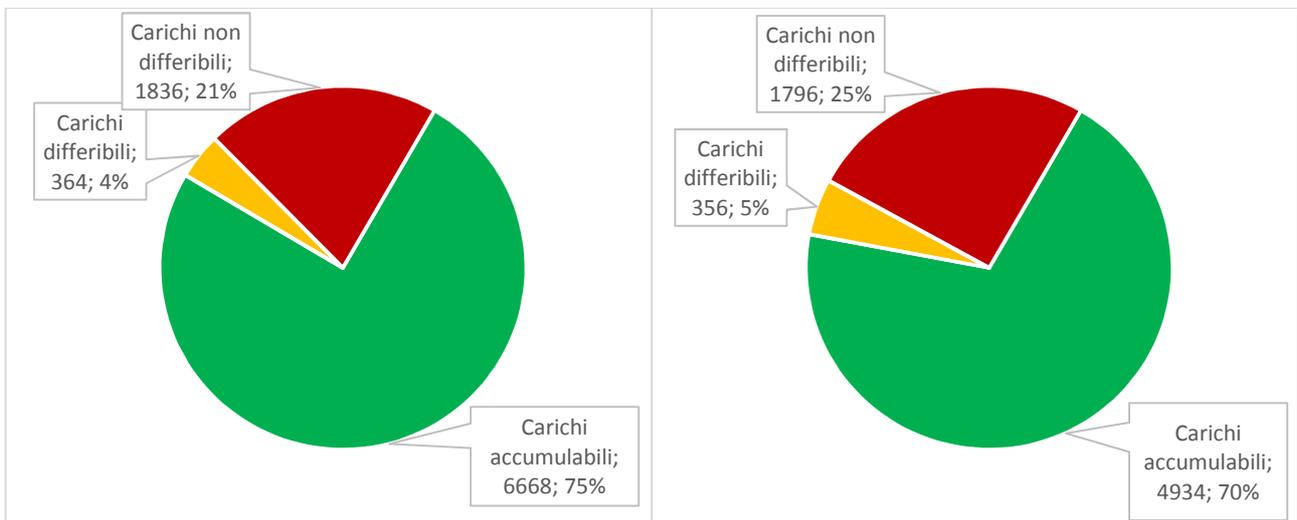


Figura 7.27 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 3 Classe D a sinistra; Variante 3 Classe A a destra.

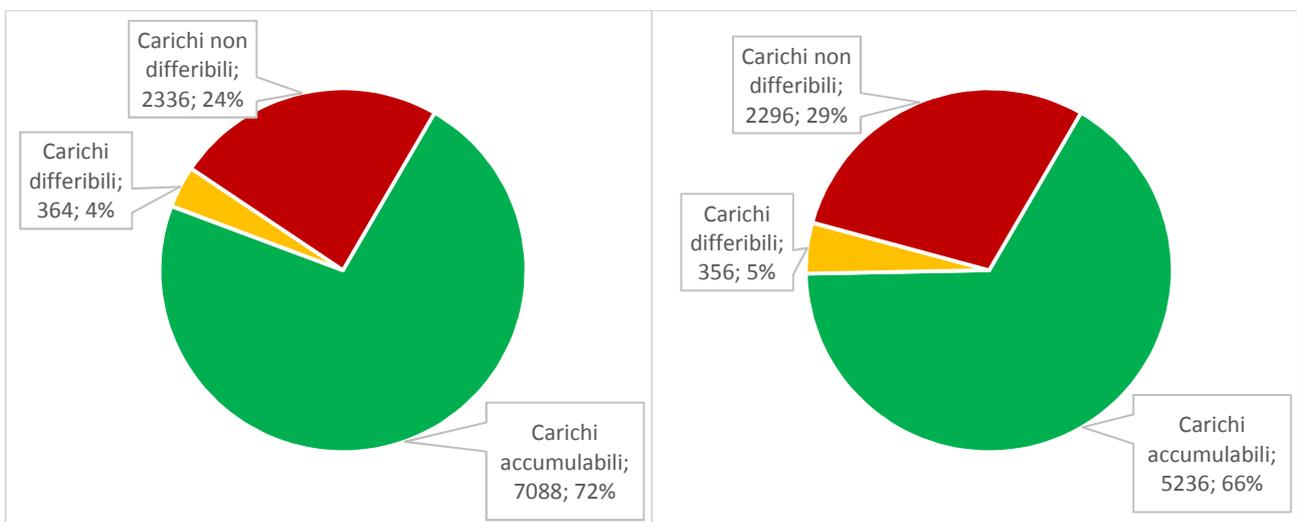


Figura 7.28 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 4 Classe D a sinistra; Variante 4 Classe A a destra.

7.3.3 Caso Studio C

I risparmi energetici ottenibili per le diverse Varianti del Caso Studio C sono riportati in Tabella 7.25 e in Figura 7.29, per confronto con la Soluzione Base, caratterizzata da sistemi di automazione in Classe D.

Tabella 7.25 – Consumi di energia primaria del caso studio.

	EP Cottura	EP ACS	EP Risc.	EP Raff.	EP Elett.	EP Totale	Risp.	Risp. aggiuntiva da Classe D a Classe A
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]	[%]
Soluz. Base - Classe D	1.145	2.231	12.075	782	5.265	21.499	0,0%	
Soluz. Base - Classe A	1.145	1.607	8.936	579	5.181	17.447	18,8%	18,8%
Variante 1 - Classe D	1.145	2.231	10.168	782	5.265	19.592	8,9%	
Variante 1 - Classe A	1.145	1.607	7.525	579	5.181	16.036	25,4%	16,5%
Variante 2 - Classe D	1.145	1.326	10.168	782	5.265	18.687	13,1%	
Variante 2 - Classe A	1.145	955	7.525	579	5.181	15.385	28,4%	15,4%
Variante 3 - Classe D	1.145	2.231	5.980	782	5.265	15.404	28,4%	
Variante 3 - Classe A	1.145	1.607	4.425	579	5.181	12.937	39,8%	11,5%
Variante 4 - Classe D	1.300	1.326	5.980	782	5.265	14.653	31,8%	
Variante 4 - Classe A	1.300	955	4.425	579	5.181	12.440	42,1%	10,3%

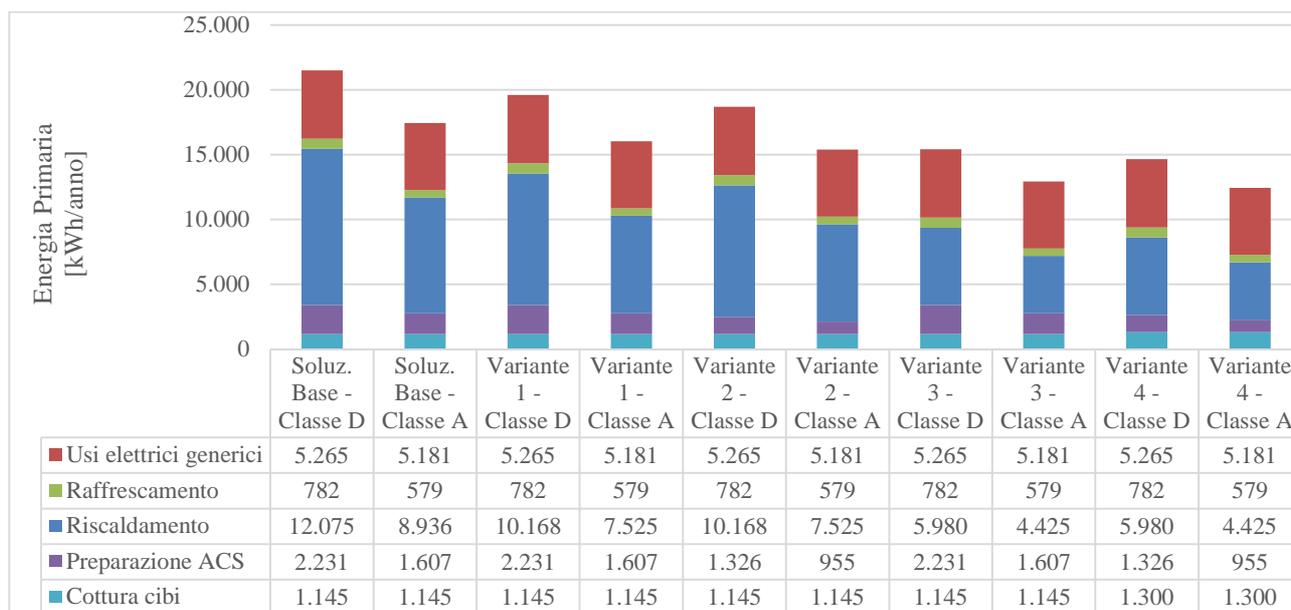


Figura 7.29 - Consumi di energia primaria del caso studio.

Nel confronto con la Soluzione Base in Classe D, per le Varianti caratterizzate dai minori consumi energetici, il beneficio derivante da sistemi di automazione efficienti è ovviamente minore, dal momento che la riduzione interviene percentualmente su un valore di partenza più basso.

Tabella 7.26 – Costi per l’acquisto di gas ed energia elettrica per il caso studio.

	Classe D				Classe A				Resp. addizionale da Classe D a Classe A [%]
	Gas	Energia Elettrica	Totale	Resp.	Gas	Energia Elettrica	Totale	Resp.	
	[€]	[€]	[€]	[%]	[€]	[€]	[€]	[%]	
Soluz. Base - Tariffa D2	1.240,76	605,89	1.846,65	0,0%	950,52	560,83	1.511,35	18,2%	18,2%
Soluz. Base - Tariffa D3	1.240,76	815,36	2.056,12	-11,3%	950,52	781,70	1.732,22	6,2%	17,5%
Variante 1 - Tariffa D2	1.093,29	605,89	1.699,18	8,0%	841,49	560,83	1.402,32	24,1%	16,1%
Variante 1 - Tariffa D3	1.093,29	815,36	1.908,65	-3,4%	841,49	781,70	1.623,19	12,1%	15,5%
Variante 2 - Tariffa D2	921,50	814,32	1.735,82	6,0%	718,34	710,72	1.429,06	22,6%	16,6%
Variante 2 - Tariffa D3	921,50	971,03	1.892,53	-2,5%	718,34	893,65	1.611,99	12,7%	15,2%
Variante 3 - Tariffa D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variante 3 - Tariffa D3	316,53	1.553,29	1.869,82	-1,3%	270,44	1.336,95	1.607,39	13,0%	14,2%
Variante 3 - Tariffa D1	316,53	1.364,42	1.680,95	9,0%	270,44	1.181,97	1.452,41	21,3%	12,4%
Variante 3 - Tariffa D2+BTA	316,53	1.172,43	1.488,96	19,4%	270,44	986,47	1.256,91	31,9%	12,6%
Variante 3 - Tariffa D3+BTA	316,53	1.413,01	1.729,54	6,3%	270,44	1.230,38	1.500,82	18,7%	12,4%
Variante 4 - Tariffa D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variante 4 - Tariffa D3	-	1.897,45	1.897,45	-2,8%	-	1.601,59	1.601,59	13,3%	16,0%
Variante 4 - Tariffa D1	-	1.649,99	1.649,99	10,6%	-	1.405,15	1.405,15	23,9%	13,3%
Variante 4 - Tariffa D2+BTA	-	1.585,31	1.585,31	14,2%	-	1.340,80	1.340,80	27,4%	13,2%
Variante 4 - Tariffa D3+BTA	-	1.721,38	1.721,38	6,8%	-	1.495,03	1.495,03	19,0%	12,3%

Anche con riferimento ai costi di gestione (Tabella 7.26), nel confronto con la Soluzione Base in Classe D e in Tariffa D2, per le Varianti caratterizzate da costi più bassi, il beneficio derivante da sistemi di automazione efficienti è minore, dal momento che la riduzione interviene percentualmente su un valore di partenza più basso.

Con riferimento ai soli consumi elettrici, per le quattro varianti, è stata effettuata una stima per tipologia dei consumi di elettrodomestici e apparecchiature, allo scopo di valutare il peso delle utenze accumulabili e di quelle differibili, per confronto tra la Classe D e la Classe A del sistema di automazione.

Per tutte le Varianti, l’effetto di una maggiore efficienza del sistema di automazione è una riduzione più marcata dei carichi accumulabili, rispetto alle altre tipologie di carico, così come riportato in Figura 7.30, Figura 7.31, Figura 7.32 e Figura 7.33.

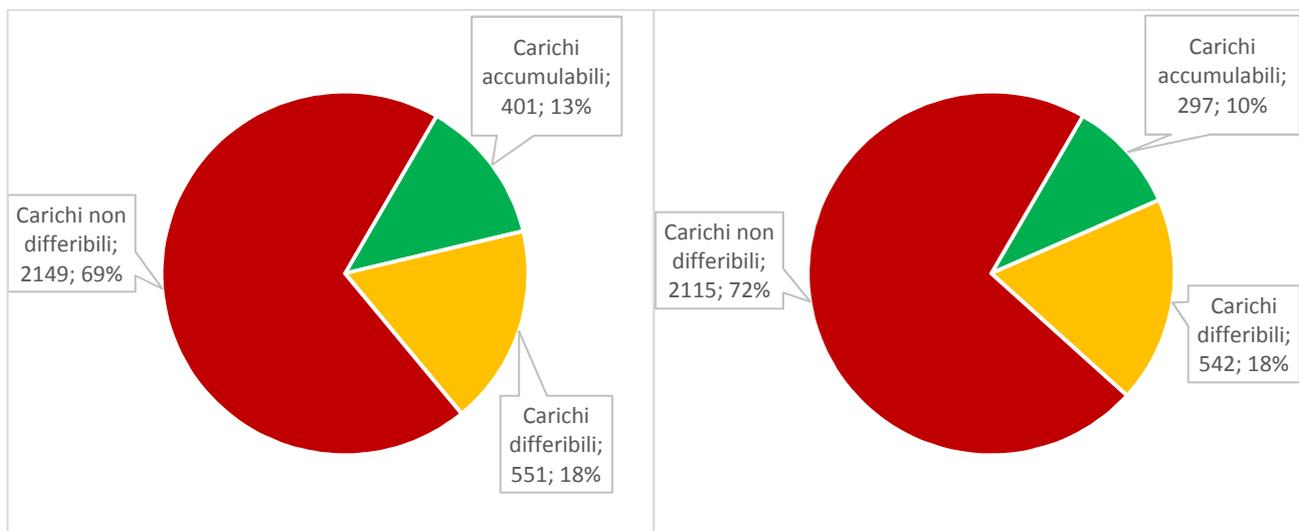


Figura 7.30 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 1 Classe D a sinistra; Variante 1 Classe A a destra.

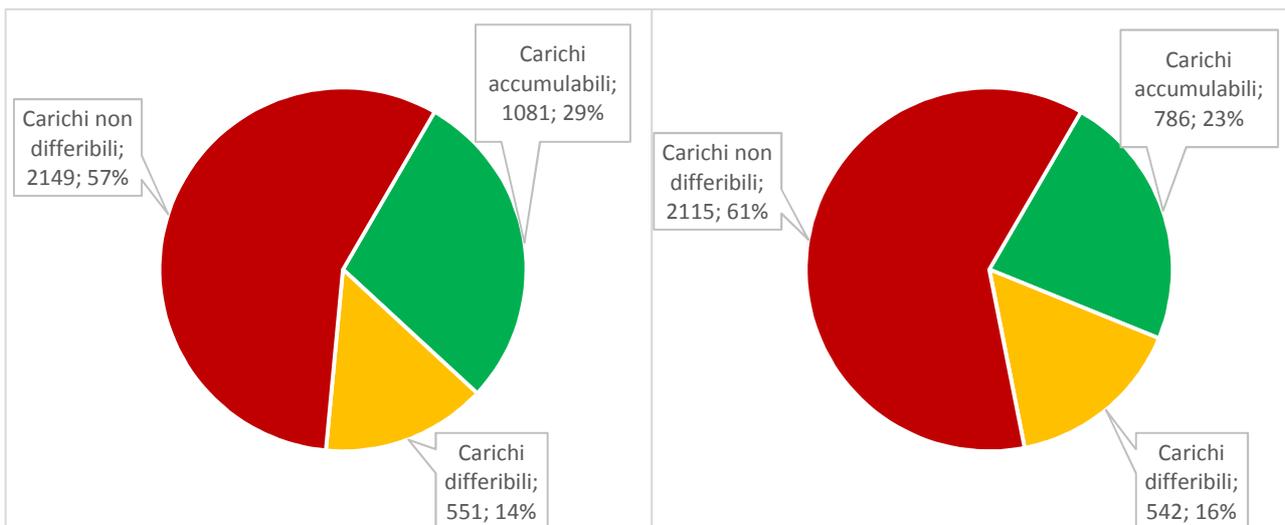


Figura 7.31 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 2 Classe D a sinistra; Variante 2 Classe A a destra.

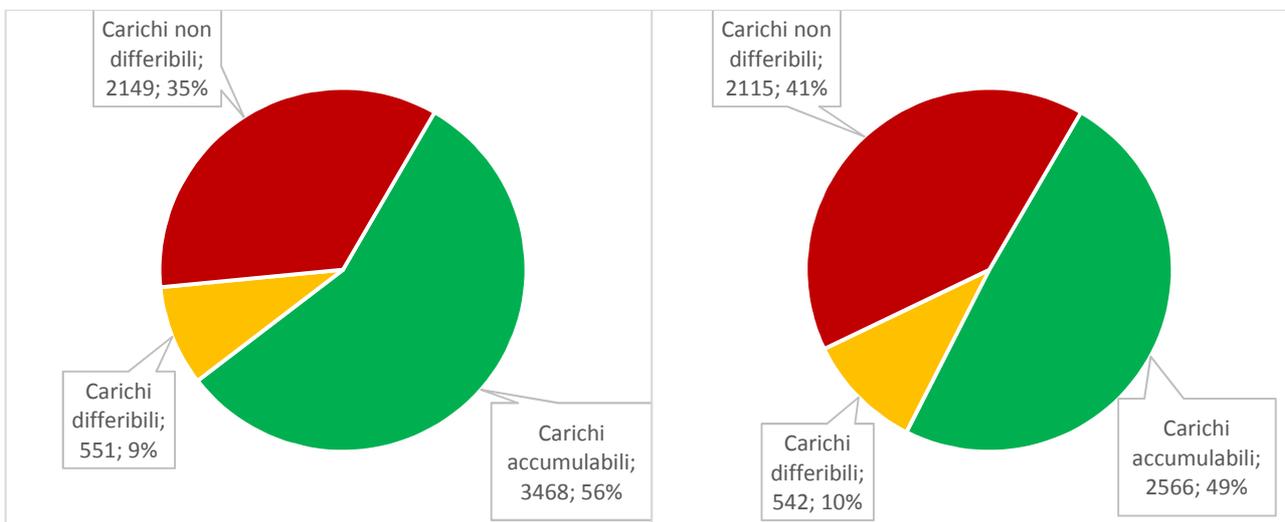


Figura 7.32 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 3 Classe D a sinistra; Variante 3 Classe A a destra.

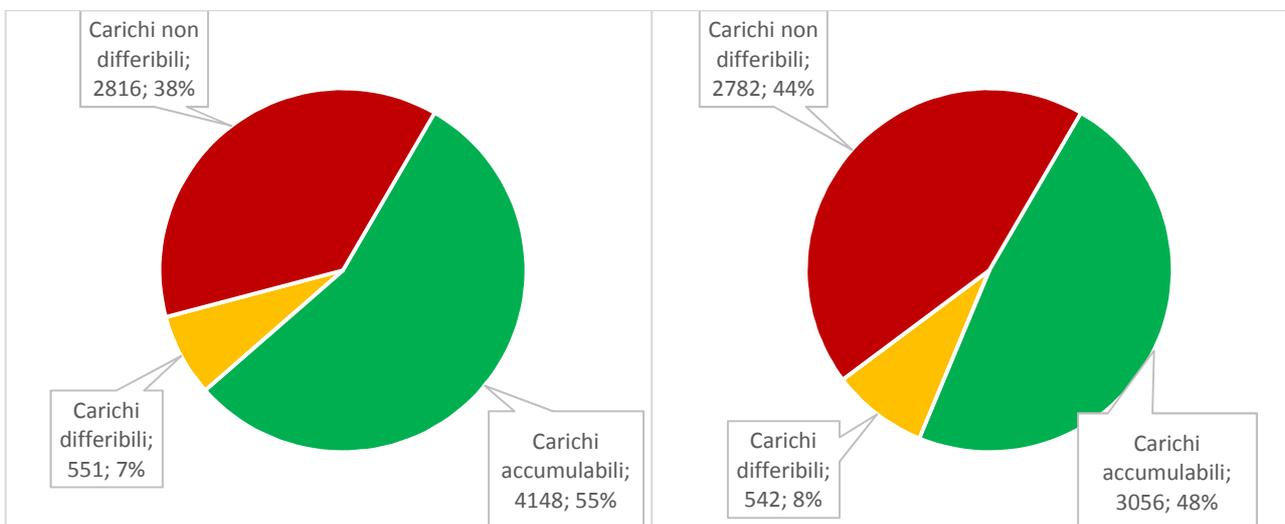


Figura 7.33 – Ripartizione dei consumi elettrici per servizio [kWh; %]. Variante 4 Classe D a sinistra; Variante 4 Classe A a destra.

7.4 Considerazioni su altri interventi di risparmio energetico

In questo capitolo sono stati valutati i risparmi potenziali derivanti da una variazione migliorativa della dotazione impiantistica e dall'introduzione di sistemi di automazione.

Non sono stati considerati risparmi energetico di tipo diverso, ottenibili ad esempio da interventi di riqualificazione energetica dell'involucro edilizio, dalla sostituzione di elettrodomestici o dalla sostituzione delle lampade, volendo focalizzare l'attenzione solo su interventi di breve-medio periodo che andassero nella direzione di un incremento della flessibilità della domanda elettrica. Esistono già da tempo, programmi di incentivazione degli interventi di riqualificazione energetica (detrazioni fiscali, conto termico, certificati bianchi) che negli anni hanno già prodotto buoni risultati e che possono essere ancora utilizzati in una logica di più lungo periodo.

Gli interventi di riqualificazione energetica dell'involucro edilizio hanno come effetto una riduzione dei consumi energetici connessi al riscaldamento e al raffrescamento delle abitazioni e quindi, nel caso in cui tali servizi siano soddisfatti con impiego di energia elettrica (come nelle Varianti 3 e 4) si ha una riduzione dell'importanza dei carichi accumulabili.

Gli interventi di sostituzione di elettrodomestici quali lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie hanno come effetto una riduzione dei consumi elettrici connessi a tali elettrodomestici e quindi si ha una riduzione dell'importanza dei carichi differibili.

Gli interventi di sostituzione di elettrodomestici (diversi da lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie) o delle lampade hanno come effetto una riduzione dei consumi elettrici connessi a tali apparecchiature e quindi si ha una riduzione dell'importanza dei carichi non differibili.

Nel settore residenziale, sulla base dell'indagine Istat [10], sono stati fatti negli ultimi 5 investimenti sul fronte del risparmio energetico, soprattutto per ridurre le spese per l'energia elettrica (54,1%); in minor misura sono stati fatti investimenti per ridurre le spese di riscaldamento (21,4%), per il riscaldamento dell'acqua (15%) e per il condizionamento (10%).

L'elevata incidenza di investimenti finalizzati alla riduzione dei consumi di energia elettrica è da porre in relazione alla progressiva sostituzione delle lampadine tradizionali con quelle a risparmio energetico, in occasione dei necessari avvicendamenti per fine vita utile; un discorso analogo può essere effettuato per l'avvicendamento dei maggiori elettrodomestici, che avviene quasi sempre per fine vita utile.

Meno frequenti gli interventi finalizzati al risparmio nelle spese per il riscaldamento e il condizionamento perché generalmente più onerosi da un punto di vista economico.

Nonostante gli interventi già effettuati, il potenziale di risparmio energetico nel settore residenziale resta molto grande, soprattutto con riferimento al riscaldamento delle abitazioni, che rappresenta la principale quota di consumo. Il risparmio ottenibile per tipologia di intervento può essere, in prima approssimazione, valutato con la Tabella 7.27, in funzione dell'epoca di costruzione [28].

Tabella 7.27 – Risparmi energetici sul riscaldamento delle abitazioni per interventi sull'involucro edilizio.

Epoca	pareti opache verticali	coperture	pavimenti	infissi	Tutto involucro
prima del 1919	-2,00%	-1,47%	-0,78%	-1,58%	-5,82%
1919-45	-2,93%	-1,41%	-1,37%	-2,59%	-8,26%
1946-61	-6,50%	-3,12%	-3,04%	-5,75%	-18,35%
1962-71	-6,60%	-3,17%	-3,08%	-5,84%	-18,62%
1972-81	-3,91%	-1,96%	-1,54%	-4,53%	-11,89%
1982-91	-2,28%	-0,85%	-0,40%	-2,65%	-6,15%
dopo 1991	-0,71%	-0,32%	-0,18%	-0,28%	-1,48%

8 Stima dei risparmi potenziali presso l'utente finale da un modello di flessibilizzazione della domanda

8.1 Incidenza del costo dell'energia sull'acquisto di energia elettrica per la Soluzione Base dei Casi Studio esaminati

In Italia, le diverse formulazioni tariffarie per l'acquisto di energia elettrica, hanno la medesima struttura tariffaria, che include le seguenti componenti:

1. servizi di vendita;
2. servizi di rete;
3. oneri di sistema;
4. oneri fiscali.

La voce relativa ai servizi di vendita include il costo dell'energia (PE), i costi di commercializzazione e vendita sostenuti dal fornitore di energia e i costi di dispacciamento.

La voce relativa ai servizi di rete include i costi connessi all'utilizzo delle infrastrutture (rete di trasmissione, distribuzione e misura) necessarie per portare l'energia elettrica dalle centrali di produzione ai consumatori e misurarne le quantità fornite.

La terza voce include gli oneri di sistema, fra le quali la più importante riguarda gli incentivi erogati per sostenere lo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Infine, la componente fiscale è relativa alle accise alle imposte erariali e all'IVA.

Le componenti di costo relative all'utilizzo delle infrastrutture ed agli oneri di sistema sono disciplinate dall'Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico, mentre la componente fiscale è fissata per legge. Solo la componente energia (PE) segue le dinamiche delle offerte di acquisto/vendita nei mercati ed è quindi l'unica voce di costo sulla quale gli utenti potrebbero risparmiare facendo leva sul sistema di tariffazione. Tuttavia, la componente energia (PE) che pagano gli utenti è sostanzialmente diversa dal PUN risultante dal mercato; una prima differenza è che la PE è maggiorata delle perdite di rete; inoltre, si è visto che esiste un disallineamento tra il PUN e la formulazione attuale delle fasce orarie e si è osservato che tale circostanza costituisce un elemento di criticità del sistema attuale, da superare nel breve periodo.

Con riferimento alla Soluzione Base è stata valutata l'incidenza del costo dell'energia (PE) sul costo complessivo sostenuto, per le tariffe D2 e D3. Tale incidenza è più alta per la tariffa D2 (25,8% per la media dei tre Casi Studio) e più bassa per la tariffa D3 (16,9% per la media dei tre Casi Studio), così come rappresentato in Figura 8.1, Figura 8.2 e Figura 8.3.

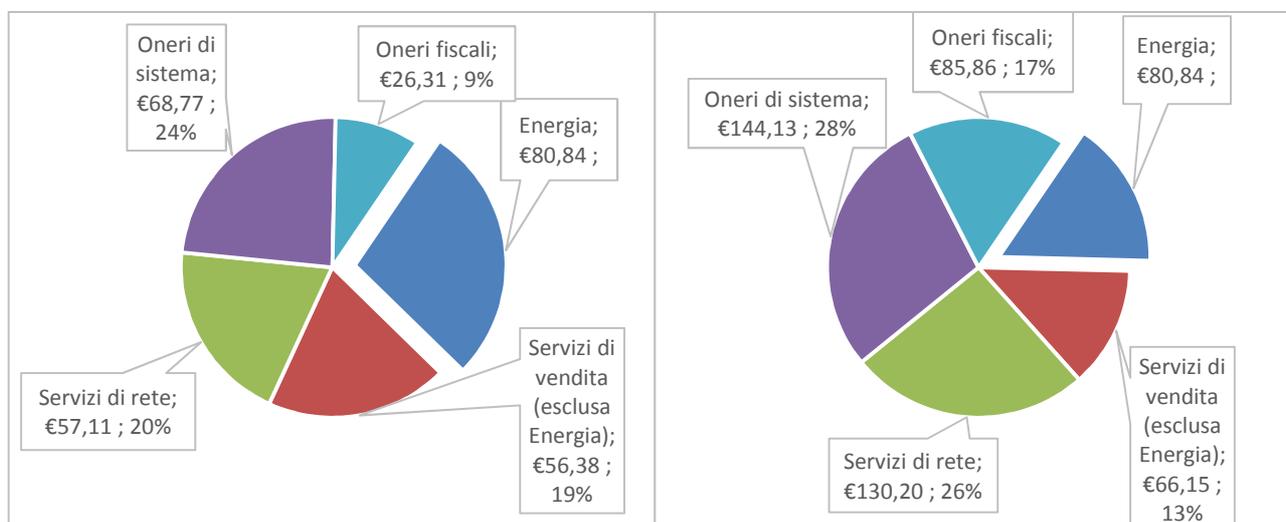


Figura 8.1 – Incidenza del costo dell'energia per la Soluzione Base del Caso Studio A. A sinistra Tariffa D2; a destra Tariffa D3.

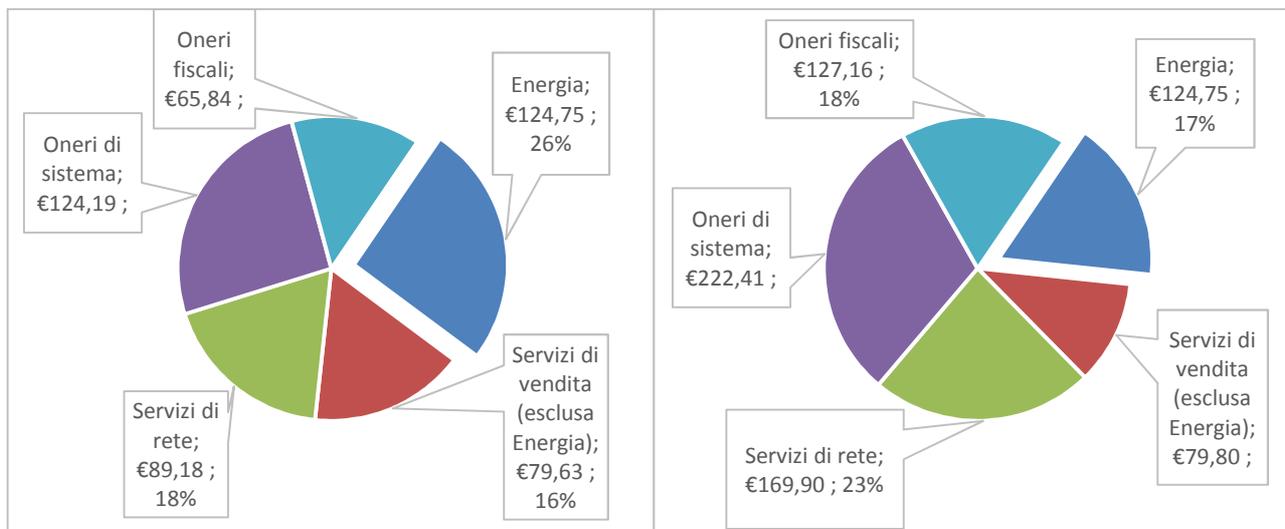


Figura 8.2 – Incidenza del costo dell'energia per la Soluzione Base del Caso Studio B.
A sinistra Tariffa D2; a destra Tariffa D3.

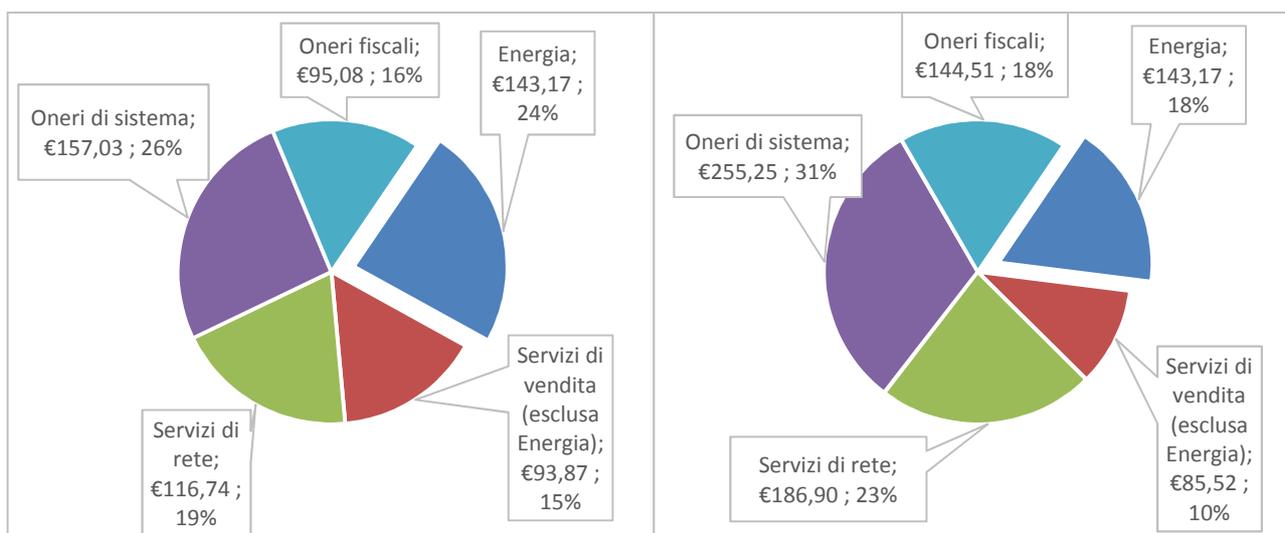


Figura 8.3 – Incidenza del costo dell'energia per la Soluzione Base del Caso Studio C.
A sinistra Tariffa D2; a destra Tariffa D3.

8.2 Anticipo/posticipo del prelievo di energia elettrica

In termini puramente teorici, al fine di verificare i potenziali risparmi derivanti da una modifica delle abitudini di consumo dell'utente è stata sviluppata un'analisi statistica sui valori orari del PUN degli anni 2013, 2014, 2015 e dei primi 7 mesi del 2016, volta a confrontare il generico valore orario del PUN con il valore orario minimo, in un intorno di ± 144 ore (± 6 giorni).

Il grafico di Figura 8.4 riporta i risultati dell'analisi effettuata, in termini di differenza percentuale tra il generico valore ed il valore minimo, in funzione dell'ampiezza dell'intorno.

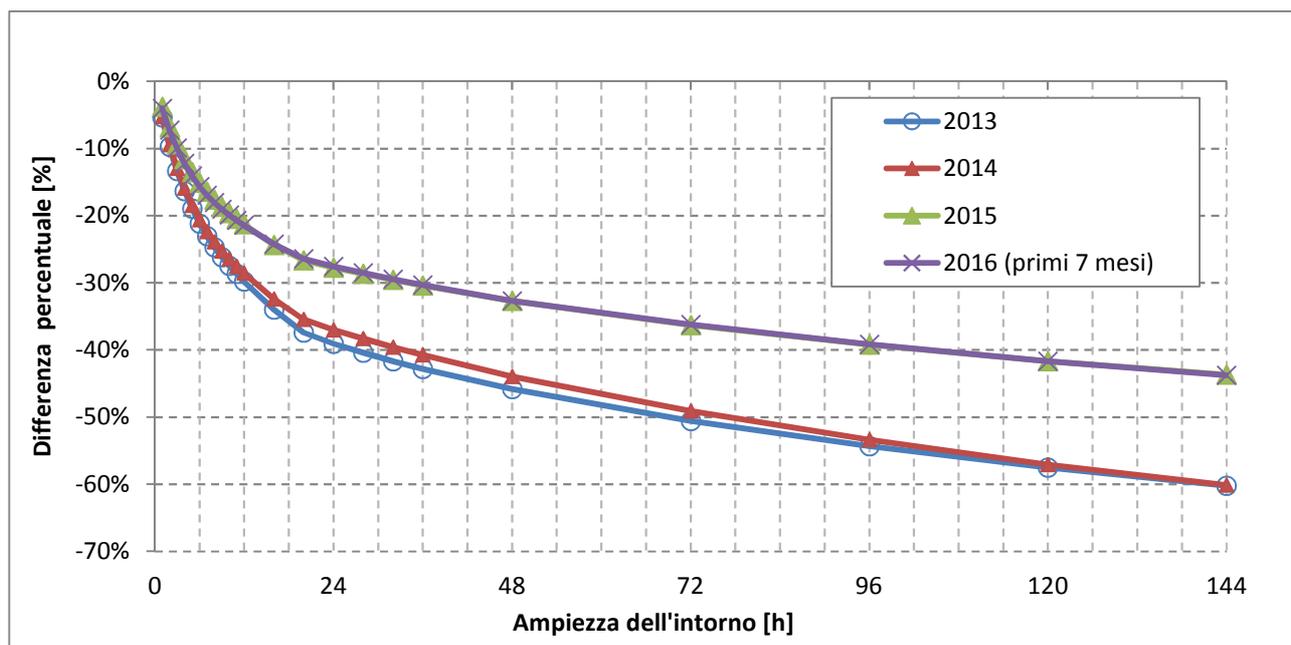


Figura 8.4 – Differenza percentuale tra il generico valore orario del PUN e il valore minimo in funzione dell'ampiezza oraria dell'intorno considerato.

Dall'analisi del grafico risultano evidenti grandi differenze percentuali, anche con intorni orari stretti. Tali differenze, immaginando una formulazione oraria delle tariffe elettriche parallela al PUN, potrebbero rappresentare dei risparmi in termini di prezzo che potrebbero generarsi da un anticipo o da un posticipo del prelievo di energia elettrica. Resta inteso che la prima parte del grafico (fino a 24-36 ore) può trovare un riscontro pratico nella modalità attuale di formazione del prezzo, mentre la parte restante rappresenta per il momento solo il risultato dell'elaborazione statistica. In altri termini, oggi, è possibile conoscere attraverso il GME il PUN del giorno successivo, ma non sono possibili previsioni più a lungo termine.

In particolare:

- considerando un anticipo/posticipo di 3 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 9% (rif. anno 2015) e il 13% (rif. anno 2013);
- considerando un anticipo/posticipo di 6 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 15% (rif. anno 2015) e il 21% (rif. anno 2013);
- considerando un anticipo/posticipo di 12 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 21% (rif. anno 2015) e il 30% (rif. anno 2013);
- considerando un anticipo/posticipo di 24 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 28% (rif. anno 2015) e il 39% (rif. anno 2013).

Si fa notare come, parallelamente all'appiattimento dei profili orari del PUN (descritto in precedenza), i risparmi potenziali da una traslazione in anticipo/posticipo del prelievo di energia elettrica siano diventati minori.

Immaginando quindi, uno scenario con tariffe orarie dell'energia elettrica note all'utente finale con un giorno di anticipo, il consumatore finale di energia elettrica avrebbe la possibilità di anticipare/posticipare l'attivazione di alcune utenze ottenendo un risparmio in termini economici.

Ciò consentirebbe in maniera più efficace di trasferire al consumatore il costo reale dell'energia, incentivandolo a consumare nei momenti di minor costo.

8.3 Risparmio economico in relazione ad un modello di flessibilizzazione della domanda

In questo paragrafo, per la Soluzione Base dei tre Casi Studio, sono valutati i risparmi di gestione collegati ad una modello di flessibilizzazione della domanda elettrica, ottenibile ad esempio, attraverso una tariffazione dinamica di tipo RTP:

- sulla base della caratterizzazione dei carichi elettrici effettuata ed in particolare sulla base dell'incidenza dei carichi accumulabili e dei carichi differibili;
- alla luce dell'incidenza della componente energia sui costi complessivi dell'energia elettrica;
- in ragione dei risparmi potenziali ottenibili da un anticipo/posticipo del prelievo di energia elettrica.

La valutazione dei risparmi è stata effettuata applicando i risparmi percentuali individuati in precedenza alla componente energia relativa ai carichi accumulabili e differibili, ricordando che:

- per la Soluzione Base del Caso Studio A, la somma dei carichi potenzialmente accumulabili e differibili è il 27% del totale;
- per la Soluzione Base del Caso Studio B, la somma dei carichi potenzialmente accumulabili e differibili è il 32% del totale;
- per la Soluzione Base del Caso Studio C, la somma dei carichi potenzialmente accumulabili e differibili è il 31% del totale.

Tabella 8.1 – Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda.

		Caso Studio A		Caso Studio B		Caso Studio C		
		Tar. D2	Tar. D3	Tar. D2	Tar. D3	Tar. D2	Tar. D3	
Spesa totale elettricità	[€/anno]	289,41	507,18	483,59	724,02	605,89	815,35	
Componente energia	[€/anno]	80,84	80,84	124,75	124,75	143,17	143,17	
Carichi accumulabili e differibili	[%]	27%	27%	32%	32%	31%	31%	
Risparmio da anticipo/posticipo del prelievo	3 ore	9%	9%	9%	9%	9%	9%	
	6 ore	15%	15%	15%	15%	15%	15%	
	12 ore	21%	21%	21%	21%	21%	21%	
	24 ore	28%	28%	28%	28%	28%	28%	
Anticipo/posticipo 3 ore	Risparmio economico	[€/anno]	1,96	1,96	3,59	3,59	3,99	3,99
	Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,7%	0,4%	0,7%	0,5%	0,7%	0,5%
Anticipo/posticipo 6 ore	Risparmio economico	[€/anno]	3,27	3,27	5,99	5,99	6,66	6,66
	Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,1%	0,6%	1,2%	0,8%	1,1%	0,8%
Anticipo/posticipo 12 ore	Risparmio economico	[€/anno]	4,58	4,58	8,38	8,38	9,32	9,32
	Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,6%	0,9%	1,7%	1,2%	1,5%	1,1%
Anticipo/posticipo 24 ore	Risparmio economico	[€/anno]	6,11	6,11	11,18	11,18	12,43	12,43
	Incidenza sulla spesa totale	[%]	2,1%	1,2%	2,3%	1,5%	2,1%	1,5%

La Tabella 8.1 riassume i risultati delle valutazioni effettuate. Dall'esame della tabella risultano evidenti i piccoli risparmi e la loro bassissima incidenza percentuale sulla spesa totale (per la sola elettricità), che rimane sempre dell'ordine di qualche punto percentuale.

La possibilità di ottenere una domanda flessibile sono, in generale, vincolate all'introduzione di sistemi di automazione per il controllo dei soli consumi elettrici, sebbene, in linea ipotetica, anche in assenza di questi si possano ottenere dei benefici, utilizzando ad esempio i sistemi di automazione già presenti in molti elettrodomestici.

L'investimento necessario dipende quindi dalla volontà e dalle caratteristiche dell'utente e può anche essere molto basso, al limite nullo.

Il beneficio che potenzialmente si può ottenere è principalmente di sistema e le basse percentuali di risparmio possono limitare la partecipazione degli utenti, anche in assenza di investimenti.

8.4 Risparmio economico in relazione ad un modello di flessibilizzazione della domanda con all'introduzione di sistemi di automazione

Si è visto nei capitoli precedenti quali siano i risparmi energetici potenziali derivanti dall'introduzione di sistemi di automazione. Con le stesse modalità del paragrafo precedente, in questo paragrafo, sono calcolati

i potenziali risparmi derivanti da una flessibilizzazione della domanda in utenze dotate dei sistemi di automazione più efficienti.

Tabella 8.2 – Caso Studio A - Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda, per diverse classi dei sistemi di automazione.

		Classe D		Classe C		Classe B		Classe A	
		Tariffa D2	Tariffa D3						
Spesa totale elettricità	[€]	289,41	507,18	284,87	499,17	279,72	490,08	277,21	485,66
Componente energia	[€]	80,84	80,84	79,09	79,09	77,10	77,10	76,13	76,13
Carichi accumulabili e differibili	[%]	27%	27%	27%	27%	25%	25%	25%	25%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[%]	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[%]	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[%]	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[%]	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[€]	1,96	1,96	1,92	1,92	1,73	1,73	1,71	1,71
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,7%	0,4%	0,7%	0,4%	0,6%	0,4%	0,6%	0,4%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[€]	3,27	3,27	3,20	3,20	2,89	2,89	2,85	2,85
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,1%	0,6%	1,1%	0,6%	1,0%	0,6%	1,0%	0,6%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[€]	4,58	4,58	4,48	4,48	4,05	4,05	4,00	4,00
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,6%	0,9%	1,6%	0,9%	1,4%	0,8%	1,4%	0,8%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[€]	6,11	6,11	5,98	5,98	5,40	5,40	5,33	5,33
Incidenza sulla spesa totale	[%]	2,1%	1,2%	2,1%	1,2%	1,9%	1,1%	1,9%	1,1%

Tabella 8.3 – Caso Studio B - Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda, per diverse classi dei sistemi di automazione.

		Classe D		Classe C		Classe B		Classe A	
		Tariffa D2	Tariffa D3						
Spesa totale elettricità	[€]	879,26	928,56	467,19	709,37	448,65	691,72	441,00	683,03
Componente energia	[€]	124,75	124,75	121,80	121,80	118,24	118,24	116,49	116,49
Carichi accumulabili e differibili	[%]	32%	32%	31%	31%	30%	30%	29%	29%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[%]	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[%]	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[%]	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[%]	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[€]	3,59	3,59	3,40	3,40	3,19	3,19	3,04	3,04
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,4%	0,4%	0,7%	0,5%	0,7%	0,5%	0,7%	0,4%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[€]	5,99	5,99	5,66	5,66	5,32	5,32	5,07	5,07
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,7%	0,6%	1,2%	0,8%	1,2%	0,8%	1,1%	0,7%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[€]	8,38	8,38	7,93	7,93	7,45	7,45	7,09	7,09
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,0%	0,9%	1,7%	1,1%	1,7%	1,1%	1,6%	1,0%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[€]	11,18	11,18	10,57	10,57	9,93	9,93	9,46	9,46
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,3%	1,2%	2,3%	1,5%	2,2%	1,4%	2,1%	1,4%

Tabella 8.4 – Caso Studio C - Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda, per diverse classi dei sistemi di automazione.

		Classe D		Classe C		Classe B		Classe A	
		Tariffa D2	Tariffa D3						
Spesa totale elettricità	[€]	1101,62	1044,05	589,95	803,44	570,34	788,81	560,82	781,71
Componente energia	[€]	143,17	143,17	140,77	140,77	137,82	137,82	136,39	136,39
Carichi accumulabili e differibili	[%]	31%	31%	30%	30%	29%	29%	28%	28%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[%]	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[%]	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[%]	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[%]	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[€]	3,99	3,99	3,80	3,80	3,60	3,60	3,44	3,44
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,4%	0,4%	0,6%	0,5%	0,6%	0,5%	0,6%	0,4%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[€]	6,66	6,66	6,33	6,33	6,00	6,00	5,73	5,73
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,6%	0,6%	1,1%	0,8%	1,1%	0,8%	1,0%	0,7%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[€]	9,32	9,32	8,87	8,87	8,39	8,39	8,02	8,02
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,8%	0,9%	1,5%	1,1%	1,5%	1,1%	1,4%	1,0%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[€]	12,43	12,43	11,82	11,82	11,19	11,19	10,69	10,69
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,1%	1,2%	2,0%	1,5%	2,0%	1,4%	1,9%	1,4%

Dall'esame di Tabella 8.2, Tabella 8.3 e Tabella 8.4, anche in questo caso, risultano piccoli risparmi e una bassissima incidenza percentuale sulla spesa totale (per la sola elettricità), che rimane sempre dell'ordine di qualche punto percentuale.

Tuttavia, in questo caso, i risparmi economici sono da considerarsi aggiuntivi a quelli già ottenuti grazie all'introduzione di sistemi di automazione, con i risultati riepilogati nelle tabelle seguenti (da Tabella 8.5 a Tabella 8.10), per confronto con la situazione iniziale (Soluzione base) in Classe D e senza nessun differimento dei prelievi di energia elettrica.

Tabella 8.5 – Costi per il Caso Studio A al variare della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda, nel caso di residenti (tariffa D2).

	Anticipo/posticipo	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso A - Classe D	0 ore	730,89	289,41	1 020,30	0,0%
	3 ore	730,89	287,45	1 018,34	0,2%
	6 ore	730,89	286,14	1 017,03	0,3%
	12 ore	730,89	284,83	1 015,72	0,4%
	24 ore	730,89	283,30	1 014,19	0,6%
Caso A - Classe C	0 ore	677,55	284,87	962,42	5,7%
	3 ore	677,55	282,95	960,50	5,9%
	6 ore	677,55	281,67	959,22	6,0%
	12 ore	677,55	280,39	957,94	6,1%
	24 ore	677,55	278,89	956,44	6,3%
Caso A - Classe B	0 ore	606,95	279,73	886,68	13,1%
	3 ore	606,95	278,00	884,95	13,3%
	6 ore	606,95	276,84	883,79	13,4%
	12 ore	606,95	275,68	882,63	13,5%
	24 ore	606,95	274,33	881,28	13,6%
Caso A - Classe A	0 ore	559,89	277,23	837,12	18,0%
	3 ore	559,89	275,52	835,41	18,1%
	6 ore	559,89	274,38	834,27	18,2%
	12 ore	559,89	273,23	833,12	18,3%
	24 ore	559,89	271,90	831,79	18,5%

Tabella 8.6 – Costi per il Caso Studio A al variare della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda, nel caso di non residenti (tariffa D3).

	Anticipo/posticipo	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso A - Classe D	0 ore	730,89	507,18	1 238,07	0,0%
	3 ore	730,89	505,22	1 236,11	0,2%
	6 ore	730,89	503,91	1 234,80	0,3%
	12 ore	730,89	502,60	1 233,49	0,4%
	24 ore	730,89	501,07	1 231,96	0,5%
Caso A - Classe C	0 ore	677,55	499,17	1 176,72	5,0%
	3 ore	677,55	497,25	1 174,80	5,1%
	6 ore	677,55	495,97	1 173,52	5,2%
	12 ore	677,55	494,69	1 172,24	5,3%
	24 ore	677,55	493,19	1 170,74	5,4%
Caso A - Classe B	0 ore	606,95	490,1	1 097,05	11,4%
	3 ore	606,95	488,37	1 095,32	11,5%
	6 ore	606,95	487,21	1 094,16	11,6%
	12 ore	606,95	486,05	1 093,00	11,7%
	24 ore	606,95	484,70	1 091,65	11,8%
Caso A - Classe A	0 ore	559,89	485,67	1 045,56	15,5%
	3 ore	559,89	483,96	1 043,85	15,7%
	6 ore	559,89	482,82	1 042,71	15,8%
	12 ore	559,89	481,67	1 041,56	15,9%
	24 ore	559,89	480,34	1 040,23	16,0%

Tabella 8.7 – Costi per il Caso Studio B al variare della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda, nel caso di residenti (tariffa D2).

	Anticipo/posticipo	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso B - Classe D	0 ore	2 108,89	483,59	2 592,48	0,0%
	3 ore	2108,89	480,00	2 588,89	0,1%
	6 ore	2108,89	477,60	2 586,49	0,2%
	12 ore	2108,89	475,21	2 584,10	0,3%
	24 ore	2108,89	472,41	2 581,30	0,4%
Caso B - Classe C	0 ore	1945,05	464,18	2 409,23	7,1%
	3 ore	1945,05	460,78	2 405,83	7,2%
	6 ore	1945,05	458,52	2 403,57	7,3%
	12 ore	1945,05	456,25	2 401,30	7,4%
	24 ore	1945,05	453,61	2 398,66	7,5%
Caso B - Classe B	0 ore	1726,06	448,66	2 174,72	16,1%
	3 ore	1726,06	445,47	2 171,53	16,2%
	6 ore	1726,06	443,34	2 169,40	16,3%
	12 ore	1726,06	441,21	2 167,27	16,4%
	24 ore	1726,06	438,73	2 164,79	16,5%
Caso B - Classe A	0 ore	1583	441	2 024,00	21,9%
	3 ore	1583	437,96	2 020,96	22,0%
	6 ore	1583	435,93	2 018,93	22,1%
	12 ore	1583	433,91	2 016,91	22,2%
	24 ore	1583	431,54	2 014,54	22,3%

Tabella 8.8 – Costi per il Caso Studio B al variare della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda, nel caso di non residenti (tariffa D3).

	Anticipo/posticipo	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso B - Classe D	0 ore	2 108,89	724,01	2 832,90	0,0%
	3 ore	2108,89	720,42	2 829,31	0,1%
	6 ore	2108,89	718,02	2 826,91	0,2%
	12 ore	2108,89	715,63	2 824,52	0,3%
	24 ore	2108,89	712,83	2 821,72	0,4%
Caso B - Classe C	0 ore	1945,05	709,36	2 654,41	6,3%
	3 ore	1945,05	705,96	2 651,01	6,4%
	6 ore	1945,05	703,70	2 648,75	6,5%
	12 ore	1945,05	701,43	2 646,48	6,6%
	24 ore	1945,05	698,79	2 643,84	6,7%
Caso B - Classe B	0 ore	1726,06	691,73	2 417,79	14,7%
	3 ore	1726,06	688,54	2 414,60	14,8%
	6 ore	1726,06	686,41	2 412,47	14,8%
	12 ore	1726,06	684,28	2 410,34	14,9%
	24 ore	1726,06	681,80	2 407,86	15,0%
Caso B - Classe A	0 ore	1583	683,03	2 266,03	20,0%
	3 ore	1583	679,99	2 262,99	20,1%
	6 ore	1583	677,96	2 260,96	20,2%
	12 ore	1583	675,94	2 258,94	20,3%
	24 ore	1583	673,57	2 256,57	20,3%

Tabella 8.9 – Costi per il Caso Studio C al variare della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda, nel caso di residenti (tariffa D2).

	Anticipo/posticipo	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso C - Classe D	0 ore	1 240,76	605,89	1 846,65	0,0%
	3 ore	1240,76	601,90	1 842,66	0,2%
	6 ore	1240,76	599,23	1 839,99	0,4%
	12 ore	1240,76	596,57	1 837,33	0,5%
	24 ore	1240,76	593,46	1 834,22	0,7%
Caso C - Classe C	0 ore	1 148,98	589,95	1 738,93	5,8%
	3 ore	1148,98	586,15	1 735,13	6,0%
	6 ore	1148,98	583,62	1 732,60	6,2%
	12 ore	1148,98	581,08	1 730,06	6,3%
	24 ore	1148,98	578,13	1 727,11	6,5%
Caso C - Classe B	0 ore	1 031,32	570,34	1 601,66	13,3%
	3 ore	1031,32	566,74	1 598,06	13,5%
	6 ore	1031,32	564,34	1 595,66	13,6%
	12 ore	1031,32	561,95	1 593,27	13,7%
	24 ore	1031,32	559,15	1 590,47	13,9%
Caso C - Classe A	0 ore	950,52	560,83	1 511,35	18,2%
	3 ore	950,52	557,39	1 507,91	18,3%
	6 ore	950,52	555,10	1 505,62	18,5%
	12 ore	950,52	552,81	1 503,33	18,6%
	24 ore	950,52	550,14	1 500,66	18,7%

Tabella 8.10 – Costi per il Caso Studio C al variare della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda, nel caso di non residenti (tariffa D3).

	Anticipo/posticipo	Gas [€]	En. Elettrica [€]	Totale [€]	Risparmio [%]
Caso C - Classe D	0 ore	1 240,76	815,36	2 056,12	0,0%
	3 ore	1240,76	811,37	2 052,13	0,2%
	6 ore	1240,76	808,70	2 049,46	0,3%
	12 ore	1240,76	806,04	2 046,80	0,5%
	24 ore	1240,76	802,93	2 043,69	0,6%
Caso C - Classe C	0 ore	1 148,98	803,45	1 952,43	5,0%
	3 ore	1148,98	799,65	1 948,63	5,2%
	6 ore	1148,98	797,12	1 946,10	5,4%
	12 ore	1148,98	794,58	1 943,56	5,5%
	24 ore	1148,98	791,63	1 940,61	5,6%
Caso C - Classe B	0 ore	1031,32	788,8	1 820,12	11,5%
	3 ore	1031,32	785,20	1 816,52	11,7%
	6 ore	1031,32	782,80	1 814,12	11,8%
	12 ore	1031,32	780,41	1 811,73	11,9%
	24 ore	1031,32	777,61	1 808,93	12,0%
Caso C - Classe A	0 ore	950,52	781,7	1 732,22	15,8%
	3 ore	950,52	778,26	1 728,78	15,9%
	6 ore	950,52	775,97	1 726,49	16,0%
	12 ore	950,52	773,68	1 724,20	16,1%
	24 ore	950,52	771,01	1 721,53	16,3%

Con l'adozione di sistemi di automazione e con una flessibilizzazione della domanda, si possono raggiungere anche risparmi superiori al 20%.

L'investimento necessario dipende dalle caratteristiche dell'utente e in questo caso il beneficio che potenzialmente si può ottenere è interessante e tale da stimolare una partecipazione attiva degli utenti.

8.5 Risparmio economico in relazione ad un modello di flessibilizzazione della domanda con una maggiore elettrificazione e con introduzione di sistemi di automazione

Si è visto nei capitoli precedenti quali siano i risparmi energetici potenziali derivanti da una variazione della dotazione impiantistica, volta ad una maggiore elettrificazione delle utenze, e dall'introduzione di sistemi di automazione.

Con le stesse modalità dei paragrafi precedente, in questo paragrafo, sono calcolati i potenziali risparmi derivanti da una flessibilizzazione della domanda in utenze maggiormente elettrificate (Varianti 2, 3 e 4 della Soluzione Base) e dotate dei sistemi di automazione più efficienti (Classe A).

Tabella 8.11 – Caso Studio A - Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda, per le Varianti 2, 3 e 4 della Soluzione Base, con sistemi di automazione in Classe A.

Tariffa	Variante 2		Variante 3					Variante 4				
	D2	D3	D2	D3	D1	D2+BTA	D3+BTA	D2	D3	D1	D2+BTA	D3+BTA
Spesa totale elettricità	[€] 305,13	528,72	622,26	807,80	707,06	587,51	779,05	724,82	904,19	798,98	644,99	869,60
Componente energia	[€] 85,37	85,37	141,65	141,65	141,68	137,38	137,38	161,09	161,09	161,12	156,87	156,87
Carichi accumulabili e differibili	[%] 33%	33%	59%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	58%	58%	58%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[%] 9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[%] 15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[%] 21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[%] 28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[€] 2,54	2,54	7,52	7,52	7,52	7,29	7,29	8,41	8,41	8,41	8,19	8,19
Incidenza sulla spesa totale	[%] 0,8%	0,5%	1,2%	0,9%	1,1%	1,2%	0,9%	1,2%	0,9%	1,1%	1,3%	0,9%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[€] 4,23	4,23	12,54	12,54	12,54	12,16	12,16	14,01	14,01	14,02	13,65	13,65
Incidenza sulla spesa totale	[%] 1,4%	0,8%	2,0%	1,6%	1,8%	2,1%	1,6%	1,9%	1,5%	1,8%	2,1%	1,6%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[€] 5,92	5,92	17,55	17,55	17,55	17,02	17,02	19,62	19,62	19,62	19,11	19,11
Incidenza sulla spesa totale	[%] 1,9%	1,1%	2,8%	2,2%	2,5%	2,9%	2,2%	2,7%	2,2%	2,5%	3,0%	2,2%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[€] 7,89	7,89	23,40	23,40	23,41	22,70	22,70	26,16	26,16	26,17	25,48	25,48
Incidenza sulla spesa totale	[%] 2,6%	1,5%	3,8%	2,9%	3,3%	3,9%	2,9%	3,6%	2,9%	3,3%	3,9%	2,9%

Tabella 8.12 – Caso Studio B - Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda, per le Varianti 2,3 e 4 della Soluzione Base, con sistemi di automazione in Classe A.

Tariffa	Variante 2		Variante 3					Variante 4				
	D2	D3	D2	D3	D1	D2+BTA	D3+BTA	D2	D3	D1	D2+BTA	D3+BTA
Spesa totale elettricità	[€] 521,29	752,17	1.799,23	1.569,35	1.336,48	1.568,35	1.982,86	1.724,45	1.531,08	1.751,97		
Componente energia	[€] 130,43	85,37	141,65	141,68	314,04	314,04	161,09	161,12	351,07	351,07		
Carichi accumulabili e differibili	[%] 36%	36%	75%	75%	75%	75%	71%	71%	71%	71%		
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[%] 9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%		
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[%] 15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%		
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[%] 21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%		
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[%] 28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%		
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[€] 4,23	2,77	9,56	9,56	21,20	21,20	10,29	10,30	22,43	22,43		
Incidenza sulla spesa totale	[%] 0,8%	0,4%	0,5%	0,6%	1,6%	1,4%	0,5%	0,6%	1,5%	1,3%		
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[€] 7,04	4,61	15,94	15,94	35,33	35,33	17,16	17,16	37,39	37,39		
Incidenza sulla spesa totale	[%] 1,4%	0,6%	0,9%	1,0%	2,6%	2,3%	0,9%	1,0%	2,4%	2,1%		
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[€] 9,86	6,45	22,31	22,31	49,46	49,46	24,02	24,02	52,34	52,34		
Incidenza sulla spesa totale	[%] 1,9%	0,9%	1,2%	1,4%	3,7%	3,2%	1,2%	1,4%	3,4%	3,0%		
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[€] 13,15	8,61	29,75	29,75	65,95	65,95	32,02	32,03	69,79	69,79		
Incidenza sulla spesa totale	[%] 2,5%	1,1%	1,7%	1,9%	4,9%	4,2%	1,6%	1,9%	4,6%	4,0%		

Tabella 8.13 – Caso Studio C - Risparmi economici e incidenza percentuale sulla spesa totale derivanti da una flessibilizzazione della domanda, per le Varianti 2,3 e 4 della Soluzione Base, con sistemi di automazione in Classe A.

Tariffa	Variante 2		Variante 3				Variante 4					
	D2	D3	D2	D3	D1	D2+BTA	D3+BTA	D2	D3	D1	D2+BTA	D3+BTA
Spesa totale elettricità	[€] 710,70	893,64		1336,95	1183,57	986,46	1230,37		1601,59	1407,12	1340,80	1495,04
Componente energia	[€] 158,96	130,43		327,16	327,23	234,32	234,32		364,19	364,27	287,70	287,70
Carichi accumulabili e differibili	[%]	39%	39%		59%	59%	59%		56%	56%	56%	56%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[%]	9%	9%		9%	9%	9%		9%	9%	9%	9%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[%]	15%	15%		15%	15%	15%		15%	15%	15%	15%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[%]	21%	21%		21%	21%	21%		21%	21%	21%	21%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[%]	28%	28%		28%	28%	28%		28%	28%	28%	28%
Risparmio per anticipo/posticipo 3 ore	[€]	5,58	4,58		17,37	17,38	12,44		18,36	18,36	14,50	14,50
Incidenza sulla spesa totale	[%]	0,8%	0,5%		1,3%	1,5%	1,3%		1,1%	1,3%	1,1%	1,0%
Risparmio per anticipo/posticipo 6 ore	[€]	9,30	7,63		28,95	28,96	20,74		30,59	30,60	24,17	24,17
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,3%	0,9%		2,2%	2,4%	2,1%		1,9%	2,2%	1,8%	1,6%
Risparmio per anticipo/posticipo 12 ore	[€]	13,02	10,68		40,54	40,54	29,03		42,83	42,84	33,83	33,83
Incidenza sulla spesa totale	[%]	1,8%	1,2%		3,0%	3,4%	2,9%		2,7%	3,0%	2,5%	2,3%
Risparmio per anticipo/posticipo 24 ore	[€]	17,36	14,24		54,05	54,06	38,71		57,10	57,12	45,11	45,11
Incidenza sulla spesa totale	[%]	2,4%	1,6%		4,0%	4,6%	3,9%		3,6%	4,1%	3,4%	3,0%

Dall'esame di Tabella 8.11, Tabella 8.12, Tabella 8.13, anche in questo caso, risultano piccoli risparmi e una bassa incidenza percentuale sulla spesa totale (per la sola elettricità), che rimane sempre dell'ordine di qualche punto percentuale.

Tuttavia, anche in questo caso, i risparmi economici sono da considerarsi aggiuntivi a quelli già ottenuti grazie ad una variazione della dotazione impiantistica e all'introduzione di sistemi di automazione in Classe A, con i risultati riepilogati nelle tabelle seguenti, per confronto con la situazione iniziale (Soluzione base) in Classe D e senza nessun differimento dei prelievi di energia elettrica.

Con una variazione della dotazione impiantistica tendente ad una elettrificazione della domanda, con l'adozione di sistemi di automazione in Classe A e con una flessibilizzazione della domanda, si possono raggiungere anche risparmi superiori al 40% (Tabella 8.14, Tabella 8.15 e Tabella 8.16). E' il caso della Variante 3 dei Casi Studio, caratterizzate da riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria a pompa di calore e della Variante 4 totalmente elettrificata (anche cucine a induzione).

L'investimento necessario dipende dalle caratteristiche dell'utente e in questo caso il beneficio che potenzialmente si può ottenere è molto interessante e tale da stimolare una partecipazione attiva degli utenti.

Tabella 8.14 – Costi per il Caso Studio A al variare della dotazione impiantistica e della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda.

	Anticipo/posticipo	Classe D				Classe A					
		Gas	En. Elett.	Totale	Risp.	Gas	En. Elett.	Totale	Risp.		
		[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[%]		
Soluzione Base	Tariffa D2	0 ore	730,89	289,41	1 020,30	0,0%	559,89	277,23	837,12	18,0%	
		3 ore	730,89	287,45	1 018,34	0,2%	559,89	275,52	835,41	18,1%	
		6 ore	730,89	286,14	1 017,03	0,3%	559,89	274,38	834,27	18,2%	
		12 ore	730,89	284,83	1 015,72	0,4%	559,89	273,23	833,12	18,3%	
		24 ore	730,89	283,30	1 014,19	0,6%	559,89	271,90	831,79	18,5%	
		0 ore	730,89	507,18	1 238,07	-21,3%	559,89	485,67	1 045,56	-2,5%	
	Tariffa D3	3 ore	730,89	505,22	1 236,11	-21,2%	559,89	483,96	1 043,85	-2,3%	
		6 ore	730,89	503,91	1 234,80	-21,0%	559,89	482,82	1 042,71	-2,2%	
		12 ore	730,89	502,60	1 233,49	-20,9%	559,89	481,67	1 041,56	-2,1%	
		24 ore	730,89	501,07	1 231,96	-20,7%	559,89	480,34	1 040,23	-2,0%	
		0 ore	639,11	289,41	928,52	9,0%	492,43	277,23	769,66	24,6%	
		3 ore	639,11	287,45	926,56	9,2%	492,43	275,52	767,95	24,7%	
Variante 1	Tariffa D2	6 ore	639,11	286,14	925,25	9,3%	492,43	274,38	766,81	24,8%	
		12 ore	639,11	284,83	923,94	9,4%	492,43	273,23	765,66	25,0%	
		24 ore	639,11	283,30	922,41	9,6%	492,43	271,90	764,33	25,1%	
		0 ore	639,11	507,18	1 146,29	-12,3%	492,43	485,67	978,10	4,1%	
		3 ore	639,11	505,22	1 144,33	-12,2%	492,43	483,96	976,39	4,3%	
		6 ore	639,11	503,91	1 143,02	-12,0%	492,43	482,82	975,25	4,4%	
	Tariffa D3	12 ore	639,11	502,60	1 141,71	-11,9%	492,43	481,67	974,10	4,5%	
		24 ore	639,11	501,07	1 140,18	-11,7%	492,43	480,34	972,77	4,7%	
		0 ore	569,30	341,22	910,52	10,8%	441,44	305,14	746,58	26,8%	
		3 ore	569,30				441,44	302,60	744,04	27,1%	
		6 ore	569,30				441,44	300,91	742,35	27,2%	
		12 ore	569,30				441,44	299,22	740,66	27,4%	
Variante 2	Tariffa D2	24 ore	569,30				441,44	297,25	738,69	27,6%	
		0 ore	569,30	569,71	1 139,01	-11,6%	441,44	528,73	970,17	4,9%	
		3 ore	569,30				441,44	526,19	967,63	5,2%	
		6 ore	569,30				441,44	524,50	965,94	5,3%	
		12 ore	569,30				441,44	522,81	964,25	5,5%	
		24 ore	569,30				441,44	520,84	962,28	5,7%	
	Variante 3	Tariffa D2	0 ore	164,15	779,38	943,53	7,5%	151,86	595,78	747,64	26,7%
			3 ore	164,15				151,86	588,26	740,12	27,5%
			6 ore	164,15				151,86	583,24	735,10	28,0%
			12 ore	164,15				151,86	578,23	730,09	28,4%
			24 ore	164,15				151,86	572,38	724,24	29,0%
			0 ore	164,15	944,93	1 109,08	-8,7%	151,86	807,80	959,66	5,9%
Tariffa D3		3 ore	164,15				151,86	800,28	952,14	6,7%	
		6 ore	164,15				151,86	795,26	947,12	7,2%	
		12 ore	164,15				151,86	790,25	942,11	7,7%	
		24 ore	164,15				151,86	784,40	936,26	8,2%	
		0 ore	164,15	837,10	1 001,25	1,9%	151,86	706,50	858,36	15,9%	
		3 ore	164,15				151,86	698,98	850,84	16,6%	
Variante 4	Tariffa D1	6 ore	164,15				151,86	693,96	845,82	17,1%	
		12 ore	164,15				151,86	688,95	840,81	17,6%	
		24 ore	164,15				151,86	683,09	834,95	18,2%	
		0 ore	164,15	699,67	863,82	15,3%	151,86	587,53	739,39	27,5%	
		3 ore	164,15				151,86	580,23	732,09	28,2%	
		6 ore	164,15				151,86	575,37	727,23	28,7%	
	Tariffa D2+BTA	12 ore	164,15				151,86	570,51	722,37	29,2%	
		24 ore	164,15				151,86	564,83	716,69	29,8%	
		0 ore	164,15	894,49	1 058,64	-3,8%	151,86	779,06	930,92	8,8%	
		3 ore	164,15				151,86	771,76	923,62	9,5%	
		6 ore	164,15				151,86	766,90	918,76	10,0%	
		12 ore	164,15				151,86	762,04	913,90	10,4%	
Variante 5	Tariffa D3+BTA	24 ore	164,15				151,86	756,36	908,22	11,0%	
		0 ore	-	932,64	932,64	8,6%	-	724,82	724,82	29,0%	
		3 ore	-				-	716,41	716,41	29,8%	
		6 ore	-				-	710,81	710,81	30,3%	
		12 ore	-				-	705,20	705,20	30,9%	
		24 ore	-				-	698,66	698,66	31,5%	
	Tariffa D2	0 ore	-	1 059,40	1 059,40	-3,8%	-	904,18	904,18	11,4%	
		3 ore	-				-	895,77	895,77	12,2%	
		6 ore	-				-	890,17	890,17	12,8%	
		12 ore	-				-	884,56	884,56	13,3%	
		24 ore	-				-	878,02	878,02	13,9%	
		0 ore	-	946,13	946,13	7,3%	-	798,29	798,29	21,8%	
Tariffa D1	3 ore	-				-	789,88	789,88	22,6%		
	6 ore	-				-	784,27	784,27	23,1%		
	12 ore	-				-	778,67	778,67	23,7%		
	24 ore	-				-	772,12	772,12	24,3%		
	0 ore	-	775,82	775,82	24,0%	-	645,00	645,00	36,8%		
	3 ore	-				-	636,81	636,81	37,6%		
Tariffa D2+BTA	6 ore	-				-	631,35	631,35	38,1%		
	12 ore	-				-	625,89	625,89	38,7%		
	24 ore	-				-	619,52	619,52	39,3%		
	0 ore	-	1 003,54	1 003,54	1,6%	-	869,60	869,60	14,8%		
	3 ore	-				-	861,41	861,41	15,6%		
	6 ore	-				-	855,95	855,95	16,1%		
Tariffa D3+BTA	12 ore	-				-	850,49	850,49	16,6%		
	24 ore	-				-	844,12	844,12	17,3%		

Tabella 8.15 – Costi per il Caso Studio B al variare della dotazione impiantistica e della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda.

		Classe D	Classe D				Classe A				
			Anticipo/posticipo	Gas	En. Elett.	Totale	Risp.	Gas	En. Elett.	Totale	Risp.
				[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[%]
Soluzione Base	Tariffa D2	0 ore	2 108,89	483,59	2 592,48	0,0%	1 583,00	441,00	2 024,00	21,9%	
		3 ore	2 108,89	480,00	2 588,89	0,1%	1 583,00	437,96	2 020,96	22,0%	
		6 ore	2 108,89	477,60	2 586,49	0,2%	1 583,00	435,93	2 018,93	22,1%	
		12 ore	2 108,89	475,21	2 584,10	0,3%	1 583,00	433,91	2 016,91	22,2%	
		24 ore	2 108,89	472,41	2 581,30	0,4%	1 583,00	431,54	2 014,54	22,3%	
	Tariffa D3	0 ore	2 108,89	724,01	2 832,90	-9,3%	1 583,00	683,03	2 266,03	12,6%	
		3 ore	2 108,89	720,42	2 829,31	-9,1%	1 583,00	679,99	2 262,99	12,7%	
		6 ore	2 108,89	718,02	2 826,91	-9,0%	1 583,00	677,96	2 260,96	12,8%	
		12 ore	2 108,89	715,63	2 824,52	-9,0%	1 583,00	675,94	2 258,94	12,9%	
		24 ore	2 108,89	712,83	2 821,72	-8,8%	1 583,00	673,57	2 256,57	13,0%	
Variante 1	Tariffa D2	0 ore	1 807,58	483,59	2 291,17	11,6%	1 360,02	441,00	1 801,02	30,5%	
		3 ore	1 807,58	480,00	2 287,58	11,8%	1 360,02	437,96	1 797,98	30,6%	
		6 ore	1 807,58	477,60	2 285,18	11,9%	1 360,02	435,93	1 795,95	30,7%	
		12 ore	1 807,58	475,21	2 282,79	11,9%	1 360,02	433,91	1 793,93	30,8%	
		24 ore	1 807,58	472,41	2 279,99	12,1%	1 360,02	431,54	1 791,56	30,9%	
	Tariffa D3	0 ore	1 807,58	724,01	2 531,59	2,3%	1 360,02	683,03	2 043,05	21,2%	
		3 ore	1 807,58	720,42	2 528,00	2,5%	1 360,02	679,99	2 040,01	21,3%	
		6 ore	1 807,58	718,02	2 525,60	2,6%	1 360,02	677,96	2 037,98	21,4%	
		12 ore	1 807,58	715,63	2 523,21	2,7%	1 360,02	675,94	2 035,96	21,5%	
		24 ore	1 807,58	712,83	2 520,41	2,8%	1 360,02	673,57	2 033,59	21,6%	
Variante 2	Tariffa D2	0 ore	1 699,69	612,02	2 311,71	10,8%	1 282,49	521,29	1 803,78	30,4%	
		3 ore	1 699,69				1 282,49	517,06	1 799,55	30,6%	
		6 ore	1 699,69				1 282,49	514,25	1 796,74	30,7%	
		12 ore	1 699,69				1 282,49	511,43	1 793,92	30,8%	
		24 ore	1 699,69				1 282,49	508,14	1 790,63	30,9%	
	Tariffa D3	0 ore	1 699,69	819,94	2 519,63	2,8%	1 282,49	752,17	2 034,66	21,5%	
		3 ore	1 699,69				1 282,49	749,40	2 031,89	21,6%	
		6 ore	1 699,69				1 282,49	747,56	2 030,05	21,7%	
		12 ore	1 699,69				1 282,49	745,72	2 028,21	21,8%	
		24 ore	1 699,69				1 282,49	743,56	2 026,05	21,8%	
Variante 3	Tariffa D2	0 ore									
		3 ore									
		6 ore									
		12 ore									
		24 ore									
	Tariffa D3	0 ore	233,28	2 207,20	2 440,48	5,9%	205,03	1 799,24	2 004,27	22,7%	
		3 ore	233,28				205,03	1 789,68	1 994,71	23,1%	
		6 ore	233,28				205,03	1 783,30	1 988,33	23,3%	
		12 ore	233,28				205,03	1 776,93	1 981,96	23,5%	
		24 ore	233,28				205,03	1 769,49	1 974,52	23,8%	
	Tariffa D1	0 ore	233,28	1 911,23	2 144,51	17,3%	205,03	1 567,17	1 772,20	31,6%	
		3 ore	233,28				205,03	1 557,61	1 762,64	32,0%	
		6 ore	233,28				205,03	1 551,23	1 756,26	32,3%	
		12 ore	233,28				205,03	1 544,86	1 749,89	32,5%	
		24 ore	233,28				205,03	1 537,42	1 742,45	32,8%	
	Tariffa D2+BTA	0 ore	233,28	1 678,29	1 911,57	26,3%	205,03	1 336,47	1 541,50	40,5%	
		3 ore	233,28				205,03	1 315,28	1 520,31	41,4%	
		6 ore	233,28				205,03	1 301,15	1 506,18	41,9%	
		12 ore	233,28				205,03	1 287,01	1 492,04	42,4%	
		24 ore	233,28				205,03	1 270,53	1 475,56	43,1%	
Tariffa D3+BTA	0 ore	233,28	1 911,49	2 144,77	17,3%	205,03	1 568,35	1 773,38	31,6%		
	3 ore	233,28				205,03	1 547,16	1 752,19	32,4%		
	6 ore	233,28				205,03	1 533,03	1 738,06	33,0%		
	12 ore	233,28				205,03	1 518,89	1 723,92	33,5%		
	24 ore	233,28				205,03	1 502,41	1 707,44	34,1%		
Variante 4	Tariffa D2	0 ore									
		3 ore									
		6 ore									
		12 ore									
		24 ore									
	Tariffa D3	0 ore	-	2 453,61	2 453,61	5,4%	-	1 982,84	1 982,84	23,5%	
		3 ore	-				-	1 972,55	1 972,55	23,9%	
		6 ore	-				-	1 965,68	1 965,68	24,2%	
		12 ore	-				-	1 958,82	1 958,82	24,4%	
		24 ore	-				-	1 950,82	1 950,82	24,8%	
	Tariffa D1	0 ore	-	2 114,37	2 114,37	18,4%	-	1 722,01	1 722,01	33,6%	
		3 ore	-				-	1 711,71	1 711,71	34,0%	
		6 ore	-				-	1 704,85	1 704,85	34,2%	
		12 ore	-				-	1 697,99	1 697,99	34,5%	
		24 ore	-				-	1 689,98	1 689,98	34,8%	
	Tariffa D2+BTA	0 ore	-	1 914,12	1 914,12	26,2%	-	1 531,08	1 531,08	40,9%	
		3 ore	-				-	1 508,65	1 508,65	41,8%	
		6 ore	-				-	1 493,70	1 493,70	42,4%	
		12 ore	-				-	1 478,74	1 478,74	43,0%	
		24 ore	-				-	1 461,29	1 461,29	43,6%	
Tariffa D3+BTA	0 ore	-	2 122,11	2 122,11	18,1%	-	1 751,95	1 751,95	32,4%		
	3 ore	-				-	1 729,52	1 729,52	33,3%		
	6 ore	-				-	1 714,57	1 714,57	33,9%		
	12 ore	-				-	1 699,61	1 699,61	34,4%		
	24 ore	-				-	1 682,16	1 682,16	35,1%		

Tabella 8.16 – Costi per il Caso Studio C al variare della dotazione impiantistica e della classe del sistema di automazione, con flessibilizzazione della domanda.

		Classe D	Classe D				Classe A			
			Gas	En. Elett.	Totale	Risp.	Gas	En. Elett.	Totale	Risp.
			Anticipo/posticipo	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]
Soluzione Base	Tariffa D2	0 ore	2 108,89	605,89	2 714,78	0,0%	1 583,00	560,83	2 143,83	21,0%
		3 ore	2 108,89	601,90	2 710,79	0,1%	1 583,00	557,39	2 140,39	21,2%
		6 ore	2 108,89	599,23	2 708,12	0,2%	1 583,00	555,10	2 138,10	21,2%
		12 ore	2 108,89	596,57	2 705,46	0,3%	1 583,00	552,81	2 135,81	21,3%
		24 ore	2 108,89	593,46	2 702,35	0,5%	1 583,00	550,14	2 133,14	21,4%
	Tariffa D3	0 ore	2 108,89	815,36	2 924,25	-7,7%	1 583,00	781,70	2 364,70	12,9%
		3 ore	2 108,89	811,37	2 920,26	-7,6%	1 583,00	778,26	2 361,26	13,0%
		6 ore	2 108,89	808,70	2 917,59	-7,5%	1 583,00	775,97	2 358,97	13,1%
		12 ore	2 108,89	806,04	2 914,93	-7,4%	1 583,00	773,68	2 356,68	13,2%
		24 ore	2 108,89	802,93	2 911,82	-7,3%	1 583,00	771,01	2 354,01	13,3%
Variante 1	Tariffa D2	0 ore	1 807,58	605,89	2 413,47	11,1%	1 360,02	560,83	1 920,85	29,2%
		3 ore	1 807,58	601,90	2 409,48	11,2%	1 360,02	557,39	1 917,41	29,4%
		6 ore	1 807,58	599,23	2 406,81	11,3%	1 360,02	555,10	1 915,12	29,5%
		12 ore	1 807,58	596,57	2 404,15	11,4%	1 360,02	552,81	1 912,83	29,5%
		24 ore	1 807,58	593,46	2 401,04	11,6%	1 360,02	550,14	1 910,16	29,6%
	Tariffa D3	0 ore	1 807,58	815,36	2 622,94	3,4%	1 360,02	781,70	2 141,72	21,1%
		3 ore	1 807,58	811,37	2 618,95	3,5%	1 360,02	778,26	2 138,28	21,2%
		6 ore	1 807,58	808,70	2 616,28	3,6%	1 360,02	775,97	2 135,99	21,3%
		12 ore	1 807,58	806,04	2 613,62	3,7%	1 360,02	773,68	2 133,70	21,4%
		24 ore	1 807,58	802,93	2 610,51	3,8%	1 360,02	771,01	2 131,03	21,5%
Variante 2	Tariffa D2	0 ore	1 699,69	612,02	2 311,71	14,8%	1 282,49	521,29	1 803,78	33,6%
		3 ore	1 699,69				1 282,49	515,71	1 798,20	33,8%
		6 ore	1 699,69				1 282,49	511,99	1 794,48	33,9%
		12 ore	1 699,69				1 282,49	508,27	1 790,76	34,0%
		24 ore	1 699,69				1 282,49	503,93	1 786,42	34,2%
	Tariffa D3	0 ore	1 699,69	819,94	2 519,63	7,2%	1 282,49	752,17	2 034,66	25,1%
		3 ore	1 699,69				1 282,49	747,59	2 030,08	25,2%
		6 ore	1 699,69				1 282,49	744,54	2 027,03	25,3%
		12 ore	1 699,69				1 282,49	741,49	2 023,98	25,4%
		24 ore	1 699,69				1 282,49	737,93	2 020,42	25,6%
Variante 3	Tariffa D2	0 ore								
		3 ore								
		6 ore								
		12 ore								
		24 ore								
	Tariffa D3	0 ore	233,28	2 207,20	2 440,48	10,1%	205,03	1 799,24	2 004,27	26,2%
		3 ore	233,28				205,03	1 781,87	1 986,90	26,8%
		6 ore	233,28				205,03	1 770,29	1 975,32	27,2%
		12 ore	233,28				205,03	1 758,70	1 963,73	27,7%
		24 ore	233,28				205,03	1 745,19	1 950,22	28,2%
	Tariffa D1	0 ore	233,28	1 911,23	2 144,51	21,0%	205,03	1 567,17	1 772,20	34,7%
		3 ore	233,28				205,03	1 549,79	1 754,82	35,4%
		6 ore	233,28				205,03	1 538,21	1 743,24	35,8%
		12 ore	233,28				205,03	1 526,63	1 731,66	36,2%
		24 ore	233,28				205,03	1 513,11	1 718,14	36,7%
	Tariffa D2+BTA	0 ore	233,28	1 678,29	1 911,57	29,6%	205,03	1 336,47	1 541,50	43,2%
		3 ore	233,28				205,03	1 324,03	1 529,06	43,7%
		6 ore	233,28				205,03	1 315,74	1 520,77	44,0%
		12 ore	233,28				205,03	1 307,44	1 512,47	44,3%
		24 ore	233,28				205,03	1 297,77	1 502,80	44,6%
Tariffa D3+BTA	0 ore	233,28	1 911,49	2 144,77	21,0%	205,03	1 568,35	1 773,38	34,7%	
	3 ore	233,28				205,03	1 555,91	1 760,94	35,1%	
	6 ore	233,28				205,03	1 547,62	1 752,65	35,4%	
	12 ore	233,28				205,03	1 539,32	1 744,35	35,7%	
	24 ore	233,28				205,03	1 529,65	1 734,68	36,1%	
Variante 4	Tariffa D2	0 ore								
		3 ore								
		6 ore								
		12 ore								
		24 ore								
	Tariffa D3	0 ore	-	2 453,61	2 453,61	9,6%	-	1 982,84	1 982,84	27,0%
		3 ore	-				-	1 964,48	1 964,48	27,6%
		6 ore	-				-	1 952,25	1 952,25	28,1%
		12 ore	-				-	1 940,01	1 940,01	28,5%
		24 ore	-				-	1 925,74	1 925,74	29,1%
	Tariffa D1	0 ore	-	2 114,37	2 114,37	22,1%	-	1 722,01	1 722,01	36,6%
		3 ore	-				-	1 703,65	1 703,65	37,2%
		6 ore	-				-	1 691,41	1 691,41	37,7%
		12 ore	-				-	1 679,17	1 679,17	38,1%
		24 ore	-				-	1 664,89	1 664,89	38,7%
	Tariffa D2+BTA	0 ore	-	1 914,12	1 914,12	29,5%	-	1 531,08	1 531,08	43,6%
		3 ore	-				-	1 516,58	1 516,58	44,1%
		6 ore	-				-	1 506,92	1 506,92	44,5%
		12 ore	-				-	1 497,25	1 497,25	44,8%
		24 ore	-				-	1 485,97	1 485,97	45,3%
Tariffa D3+BTA	0 ore	-	2 122,11	2 122,11	21,8%	-	1 751,95	1 751,95	35,5%	
	3 ore	-				-	1 737,45	1 737,45	36,0%	
	6 ore	-				-	1 727,79	1 727,79	36,4%	
	12 ore	-				-	1 718,12	1 718,12	36,7%	
	24 ore	-				-	1 706,84	1 706,84	37,1%	

9 Ipotesi di aggregatore

Sono possibili numerose soluzioni alle problematiche attuali del sistema elettrico italiano.

Alcune possono essere messe in atto rapidamente e possono funzionare anche sfruttando la propensione di particolari categorie di utenti; altre soluzioni, prevedendo interventi più sostanziali, richiedono una valutazione dei costi e dei benefici attesi.

Tra le soluzioni che possono essere messe rapidamente in atto rientra una riformulazione delle fasce orarie di tariffazione dell'energia elettrica, volta ad indurre comportamenti virtuosi da parte dell'utente. In questo caso, l'utente offre la propria disponibilità in cambio di sconti sull'acquisto dell'energia e decide autonomamente se effettuare interventi che gli consentano di massimizzare i propri benefici. In termini di sistema i benefici dipendono dalla propensione e dalle disponibilità degli utenti e potrebbero risultare non costanti nel tempo.

Più complesso è il caso della costituzione di aggregatori di utenze. In questo caso si tratta di istituire un soggetto nuovo la cui funzione base è offrire al sistema elettrico la flessibilità di domanda da parte di un gruppo di utenti più o meno ampio.

Le caratteristiche dell'aggregatore, la sua dimensione e le sue possibilità di intervento dipendono fortemente dalle risorse di cui l'aggregatore può disporre e che possono non essere rappresentate solamente dalle risorse derivanti dalla fornitura del servizio di flessibilità della domanda.

E' quindi necessario che l'aggregatore offra altri servizi, a partire da quelli connessi all'utilizzo dell'energia (risparmio energetico, ammodernamento degli impianti tecnologici) ma non escludendo funzioni diverse connesse all'utilizzo generale delle infrastrutture a rete (automazione, sicurezza, videosorveglianza, e-commerce).

Sulla base delle analisi svolte la flessibilità al sistema può essere offerta in diverse modalità:

- gestendo in maniera intelligente i carichi differibili rappresentati da elettrodomestici quali lavatrici, asciugatrici e lavastoviglie;
- gestendo in maniera intelligente i carichi accumulabili rappresentati dai sistemi elettrici di preparazione dell'acqua calda sanitaria, dai sistemi elettrici di riscaldamento e raffrescamento degli edifici.

Per tutte le utenze individuate possono essere individuate possibilità di risparmio energetico:

- con elettrodomestici più efficienti, nel caso di lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie;
- sostituendo gli scaldabagni elettrici con scaldabagni a pompa di calore;
- introducendo scaldabagni a pompa di calore in sostituzione di caldaie istantanee a gas;
- introducendo sistemi a pompa di calore o sistemi ibridi (con caldaia e pompa di calore) per il riscaldamento degli edifici.

Infine, importanti risparmi energetici ed economici possono essere ottenuti attraverso l'introduzione di sistemi di automazione degli impianti tecnologici.

L'aggregatore può quindi essere un soggetto senza una perimetrazione fisica definita, costituito da tante utenze "flessibili" selezionate sul territorio, alle quali può offrire la sostituzione incentivata delle utenze flessibili (e quindi il servizio di risparmio energetico) o altri servizi di tipo diverso. In questa sua forma potrebbe anche acquisire caratteristiche di forte specializzazione; per esempio si potrebbe pensare ad un aggregatore specializzato nell'offrire flessibilità pilotando solo un elevato numero di lavatrici o di scaldabagni a pompa di calore.

Nel caso in cui tra le utenze "flessibili" ci sia anche il riscaldamento o il raffrescamento degli edifici, l'aggregatore potrebbe acquisire una dimensione fisica definita (quella del condominio riscaldato o raffrescato), e diventare una piccola comunità dell'energia. In questa categoria potrebbero facilmente rientrare tutti i complessi edilizi di recente costruzione, caratterizzati da bassi consumi specifici e in molti casi

già dotati di sistemi di riscaldamento e raffrescamento efficienti (con pompe di calore e accumuli), di impianti per la produzione di energia elettrica (spesso da fonte fotovoltaica) e di sistemi di controllo e automazione degli impianti.

La funzione dell'aggregatore, di indubbia utilità per il sistema elettrico, acquisisce un significato solo al raggiungimento di una quota significativa di domanda flessibile sull'intera domanda di energia elettrica. Appare quindi necessaria una sperimentazione preliminare su piccoli gruppi di utenza, per testare non solo l'efficacia della funzione ma anche la risposta degli utenti in termini di partecipazione e di soddisfazione.

Una prima sperimentazione potrebbe riguardare un gruppo di utenti con utenze flessibili diverse dal riscaldamento e dal raffrescamento e senza una perimetrazione fisica; presso tali utenze dovranno essere installati solo i dispositivi per il controllo remoto delle utenze.

Una seconda, più importante, sperimentazione potrebbe riguardare un gruppo di utenti, inseriti in un edificio di tipo tradizionale poco elettrificato, dotato di impianto di riscaldamento (meglio se condominiale) con caldaia a gas e senza sistemi di accumulo, rappresentativo della Soluzione Base o della Variante 1 esaminate in precedenza.

Una terza sperimentazione potrebbe riguardare un gruppo di utenti, inseriti in un edificio molto elettrificato, dotato di impianti condominiali di riscaldamento e raffrescamento a pompa di calore con sistemi di accumulo termico già presenti ed, eventualmente, con un impianto di autoproduzione dell'energia, rappresentativo delle Varianti 3 o 4 esaminate in precedenza.

9.1 Edificio di tipo tradizionale

La sperimentazione ha lo scopo di verificare quanto ipotizzato in precedenza circa i risparmi energetici e i risparmi economici potenzialmente realizzabili grazie ai diversi interventi di variazione della dotazione impiantistica, di introduzione di sistemi di automazione e di flessibilizzazione della domanda di energia elettrica.

In particolare si dovrà verificare:

- che con la flessibilizzazione della domanda si ottengono risparmi medi dell'ordine di qualche punto percentuale (1-2%);
- che con la flessibilizzazione della domanda e l'introduzione di sistemi di automazione si ottengono risparmi crescenti al crescere dell'efficienza del sistema di automazione (5-7% per Classe C, 10-12% per Classe B e che possono arrivare al 20% per la Classe A);
- che con la flessibilizzazione della domanda, l'introduzione di sistemi di automazione e l'elettrificazione delle utenze (riscaldamento, ACS, cucina) si ottengono risparmi crescenti al crescere dell'efficienza del sistema di automazione e dell'elettrificazione fino a raggiungere anche il 40% per edifici in Classe A e molto elettrificati (Varianti 3 e 4);
- se e come l'aggregazione delle utenze influenza i risparmi individuati (in crescita o in diminuzione).

Tale sperimentazione riveste particolare importanza, essendo rappresentativa di una larga porzione del patrimonio edilizio esistente, quella più energivora e meno elettrizzata, e quindi quella in grado di offrire i più ampi margini di risparmio energetico, di elettrificazione e di flessibilizzazione del carico.

L'aggregazione delle utenze sarà effettuata utilizzando degli Energy Box per il coordinamento e l'automazione di tutti gli usi energetici sia delle diverse abitazioni, sia condominiali.

A livello impiantistico si potranno avere impianti centralizzati oppure impianti autonomi. In entrambi i casi sarà valutata l'introduzione di sistemi di accumulo dell'energia termica per gli impianti di riscaldamento e preparazione dell'acqua calda sanitaria e dell'energia frigorifera per gli impianti di raffrescamento eventualmente presenti. Inoltre sarà valutata l'introduzione di impianti fotovoltaici per l'autoproduzione di energia elettrica.

Accanto a queste funzioni, da considerarsi di base per l'aggregatore, al fine di verificare l'efficacia dell'aggregazione di edifici esistenti, dovranno essere verificati tutti gli effetti sui consumi e sulle funzionalità dell'aggregatore di interventi di risparmio energetico e di elettrificazione delle utenze, quali:

- sostituzione di grandi elettrodomestici, quali lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie;
- sostituzione di scaldabagni elettrici con scaldabagni a pompa di calore;
- sostituzione delle lampade installate con lampade a LED;
- riqualificazione energetica dell'involucro edilizio, sia con riferimento alla porzione opaca, sia con riferimento alla porzione trasparente dell'involucro edilizio, con redazione di una graduatoria degli interventi più redditivi;
- sostituzione di impianti di preparazione dell'acqua calda sanitaria a combustione con sistemi a pompa di calore e accumulo dell'energia termica;
- sostituzione, parziale o totale, degli impianti di riscaldamento a gas con impianti a pompa di calore o con sistemi ibridi;
- sostituzione delle cucine a gas con cucine a induzione.

A livello sociale, dovrà anche essere valutata la risposta da parte degli utenti all'introduzione di innovazioni tecnologiche sull'edificio e sugli impianti e soprattutto alle funzioni e alla figura dell'aggregatore.

Probabilmente si avranno utenti con poca consapevolezza alle problematiche energetiche e con poca abitudine alla gestione di sistemi di automazione, per i quali dovrà essere valutata la portata di campagne di educazione e sensibilizzazione.

Inoltre, dovrà essere valutata la possibilità di introdurre servizi aggiuntivi di assisted living.

9.2 Edificio elettrificato

Allo stato attuale del patrimonio edilizio italiano gli edifici molto elettrificati sono edifici di recente costruzione oppure edifici che sono stati sottoposti recentemente ad interventi di ristrutturazione molto importanti.

Sono edifici dotati di impianti di riscaldamento e raffrescamento spesso centralizzati, con sistemi di emissione a bassa temperatura (quali i pannelli radianti) e che includono in varie forme impianti alimentati da energie rinnovabili (solari termici, solari fotovoltaici, pompe di calore); inoltre sono edifici dotati molto spesso di sistemi di automazione per il controllo degli impianti. Dal punto di vista dei consumi energetici sono caratterizzati da consumi energetici per il riscaldamento, per il raffrescamento e per la preparazione di acqua calda sanitaria molto bassi.

Per quanto sopra affermato, sono evidentemente rappresentativi di edifici con caratteristiche analoghe, ma possono anche essere considerati rappresentativi dell'edificio tradizionale visto nel paragrafo precedente, alla fine del processo di riqualificazione energetica e di elettrificazione delle utenze.

Per questa categoria di edifici, il risparmio potenziale che si può ottenere è quello derivante dalla sola flessibilizzazione della domanda di un edificio elettrificato (Varianti 3 e 4 dei casi Studio esaminati) e quindi è dell'ordine di qualche punto percentuale (2-4%).

A livello sociale, analogamente a quanto visto sopra, dovrà essere valutata la risposta da parte degli utenti alle funzioni e alla figura dell'aggregatore.

In questo caso, probabilmente si troveranno minori resistenze, in conseguenza del fatto che tali edifici sono generalmente abitati da persone con una maggiore consapevolezza energetica e più abituate alla gestione di sistemi di automazione.

Anche in questo caso, dovrà essere valutata la possibilità di introdurre servizi aggiuntivi di assisted living.

9.3 Tipologie di aggregatore

Nei capitoli precedenti si è visto che il ruolo di aggregatore per il servizio di Demand Response può essere svolto da soggetti diversi, quali i fornitori di energia elettrica, terze parti oppure una cooperativa di consumo.

Si è anche visto che i margini di risparmio energetico ottenibili sono bassi se si fa riferimento alla sola flessibilizzazione delle utenze, ma crescono introducendo sistemi di automazione e variando la dotazione impiantistica (con maggiore elettrificazione e maggiore efficienza, ovvero introducendo pompe di calore in luogo di sistemi a combustione per la produzione del calore).

Con riferimento alle due ipotesi di aggregatore descritte in precedenza, ferma restando la possibilità di tutti i soggetti di operare come aggregatore, si può immaginare una diversa propensione verso i due modelli.

L'edificio elettrificato richiede meno investimenti, offre una garanzia di stabilità nel tempo dei consumi energetici, ma presenta consumi più bassi e quindi margini di risparmio e di intervento più bassi. All'edificio elettrificato potrebbero essere poco interessate le cooperative di consumo, per i costi di gestione più alti e per i minori margini di intervento.

L'edificio esistente richiede più investimenti, ha consumi energetici che tendono a diminuire, ma ha consumi alti e ampi margini di intervento. Agli edifici esistenti potrebbero essere maggiormente interessate le ESCO, dal momento che potrebbero intervenire sia con funzioni di aggregatore, sia con finalità di risparmio energetico, trovando una remunerazione da entrambe le funzioni.

In entrambi i casi la funzione di aggregatore potrebbe essere svolta da una Energy Community costruita allo scopo. La valutazione della sostenibilità economica delle Energy Community è stata sviluppata in [29] considerando diversi modelli di EC (condominio, cluster di centri commerciali, complesso ospedaliero, distretto industriale, comunità urbana con utenze miste). In particolare risulta che, in ambito residenziale, le Energy Community hanno tassi di rendimento dell'investimento interessanti (circa il 5%) ma molto più bassi rispetto a quanto avviene in ambito industriale (40%).

10 Riferimenti bibliografici

1. www.terna.it – Bilanci 2014;
2. www.terna.it – Dati storici 2014;
3. www.gse.it – Rapporto statistico – Energia da fonti rinnovabili – Anno 2014;
4. www.terna.it - Rapporto mensile sul sistema elettrico - Consuntivo dicembre 2015;
5. www.mercatoelettrico.org/it/Statistiche/ME/DatiSintesi.aspx;
6. www.mise.gov.it – Ministero dello Sviluppo Economico – La situazione energetica nazionale nel 2015;
7. F. Lanati, R. Gelmini – Impatti del dynamic pricing applicato ai consumatori elettrici residenziali (2016) - www.energy-home.it
8. Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico - Documento per la consultazione 34/2015/R/eel;
9. X. He, N. Keyaerts, I. Azevedo, L. Meeus, L. Hancher, J. Glachant - How to engage consumers in demand response: a contract perspective - European University Institute (2013). ISSN 1028-3625
10. Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/10/2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE
11. D. Lgs. 4/7/2014, n. 102 - Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE
12. Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico - Documento per la consultazione 416/2015/R/eel;
13. Smart Energy Demand Coalition (SEDC) - Demand Response: Clarification of the standard processes required between BRPs and independent aggregators.
14. Smart Energy Demand Coalition (SEDC) - Mapping Demand Response in Europe Today 2015
15. ISTAT – I consumi energetici delle famiglie (2014)
16. www.kilowattene.enea.it/KiloWattene-consumi-famiglie.html
17. UNI/TS 11300-2 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali (2014).
18. MICENE Misure dei Consumi di ENergia Elettrica in 110 abitazioni Italiane - Curve di carico dei principali elettrodomestici e degli apparecchi di illuminazione. ERG, end-use Efficiency Research Group - Dipartimento di Energetica - Politecnico di Milano (2004).
19. ISTAT – Italia in cifre (2015)
20. ISTAT – Cittadini e nuove tecnologie (2014)
21. M. Manganelli, L. Martirano, M.C. Falvo - Analisi dei profili di carico di utenze elettrotermiche ed implementazione di nuove soluzioni gestionali che favoriscano la fornitura di nuovi servizi ancillari nelle reti termiche di teleriscaldamento e teleraffreddamento - Report RdS/PAR2013/059 (2014)
22. www.gse.it – Rapporto statistico 2015 – Solare fotovoltaico;
23. RSE - Analisi della spesa energetica in un edificio “tutto elettrico” (2015)
24. <http://trovaofferte.autorita.energia.it/trovaofferte/TKStart.do>
25. A. Gelmini, F. Lanati, F. Polidoro, S. Vitale - Scenari elettro-energetici – RSE 2014
26. F. Cicero, N. Di Gaetano, L. Speciale - I comportamenti di consumo elettrico delle famiglie italiane - L'Energia Elettrica - maggio-giugno 2010
27. UNI EN 15232:2012 - Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici
28. L De Santoli, F Mancini, M Cecconi - Riqualficazione dell'edilizia residenziale di una città. Il caso Roma - AiCarr Journal, Aprile 2010
29. V. Chiesa, S. Franzò, F. Frattini – Energy Community – La valutazione tecnico economica – in Smart Grid Strategia per le comunità dell'energia su scala urbana – Collana AiCARR – Livio de Santoli coordinatore – Editoriale Delfino - 2016

Appendice: curriculum scientifico del gruppo di lavoro impegnato nell'attività

Prof. Livio de Santoli

Professore ordinario (ING-IND/11) presso Sapienza Università di Roma; cattedra di Energy Management (Facoltà ingegneria, corso di laurea in Ingegneria Energetica) e Impianti Tecnici (facoltà di Architettura, corso di laurea in Architettura UE).

- Delegato dell'Ateneo della Sapienza per l'Edilizia e l'Energia
- Già preside della Facoltà di Architettura Valle Giulia, Sapienza Università di Roma, anno accademico 2009-2010
- Direttore del Centro di Ricerca CITERA (Territorio, Edilizia, Restauro e Ambiente) della Sapienza Università di Roma (<http://w3.uniroma1.it/citera>)
- Presidente di AiCARR, Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento, Refrigerazione, triennio 2014-2016
- Esperto di gestione dell'energia certificato secondo UNI-CEI 11339/2009 e in conformità con lo schema di cui all'art. 12 del DI 102/2014
- Coordinatore dell'Osservatorio della Autorità dell'Energia AEEGSI sull'efficienza energetica
- Membro del Comitato Direttivo del Coordinamento FREE (Fonti Rinnovabili e Efficienza Energetica) tra le associazioni italiane delle fonti energetiche e dell'efficienza energetica
- Membro dell'International Advisory Board della rivista scientifica internazionale Building Services Engineering Research & Technology (UK)

Ing. Francesco Mancini

Ingegnere meccanico, Dottore di Ricerca in Energetica, Ricercatore di Fisica Tecnica Ambientale presso la Facoltà di Architettura dell'Università La Sapienza di Roma.

Docente dal 2002 presso la stessa Facoltà, dove è attualmente titolare dell'insegnamento di Impianti Tecnici. Dal 1999 svolge attività di ricerca prima presso il Dipartimento di Fisica Tecnica poi presso il Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, dove si occupa prevalentemente delle seguenti tematiche:

- procedure e metodologie per il controllo e il miglioramento della qualità energetico-ambientale in edilizia, con particolare riferimento allo studio del comportamento passivo dell'involucro edilizio;
- sistemi impiantistici a basso consumo di energia primaria, che impiegano fonti rinnovabili di energia o sistemi impiantistici ad alta efficienza;
- definizione di strategie di manutenzione per incrementare l'efficienza energetica di un patrimonio edilizio.

E' autore di 70 pubblicazioni scientifiche aventi come oggetto le ricerche svolte.