



Ricerca di Sistema elettrico

Analisi delle tecnologie per la climatizzazione e sistemi ICT applicati agli utenti finali delle isole minori non connesse alla RTN al fine di efficientare il sistema elettrico isolano

V. Lo Brano, M. Beccali, M.G. Ippolito
G. Ciulla, P. Finocchiaro, D. La Cascia, G. Leone, G. Zizzo

ANALISI DELLE TECNOLOGIE PER LA CLIMATIZZAZIONE E SISTEMI ICT APPLICATI AGLI UTENTI FINALI DELLE ISOLE MINORI CONNESSE ALLA RTN AL FINE DI EFFICIENTARE IL SISTEMA ELETTRICO ISOLANO

V. Lo Brano, M. Beccali, M. Ippolito
G. Ciulla, P. Finocchiaro, D. La Cascia, G. Leone, G. Zizzo

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

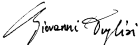
Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015


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

Progetto: Tecnologie per costruire gli edifici del futuro

Obiettivo: Architetture impiantistiche ibride per la climatizzazione degli edifici

Responsabile del Progetto: Ing. Giovanni Puglisi, ENEA 

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Analisi delle tecnologie per la climatizzazione e sistemi ICT applicati agli utenti finali delle isole minori non connesse alla RTN al fine di incrementare il sistema elettrico isolano" con il Dipartimento DEIM dell'Università degli Studi di Palermo

Responsabile scientifico ENEA: Ing. Biagio Di Pietra 

Responsabile scientifico Università degli Studi di Palermo: Prof. Ing. Valerio Lo Brano

Ringraziamenti:

- S.E.L.I.S. s.p.a in particolare nella persona dell'Arch. Catania
- Comune di Lampedusa e Linosa

Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE	7
2 DESCRIZIONE DELL'ISOLA DI LAMPEDUSA	8
2.1 CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE, POPOLAZIONE E UTENZE	8
2.2 REGIME VINCOLISTICO E DOCUMENTI DI PROGRAMMAZIONE	12
2.3 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE IDONEE PER NUOVE INSTALLAZIONI	14
2.4 STATO DELL'ARTE, LE RICERCHE GIÀ SVOLTE SULL'ISOLA	16
2.5 OBIETTIVI DELLO STUDIO.....	20
3 IL PARCO EDILIZIO DELL'ISOLA DI LAMPEDUSA	22
3.1 INDIVIDUAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI EDIFICI E CRITERI DI SCELTA DELL'EDIFICIO TIPO.....	22
3.2 SOPRALLUOGHI, MONITORAGGI E SCHEDE DI INDAGINE	25
3.3 DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI SCELTI.....	26
3.3.1 <i>Utenza residenziale in appartamento all'interno del nucleo urbano</i>	26
3.3.2 <i>Villetta isolata all'esterno del centro urbano</i>	27
3.3.3 <i>Struttura alberghiera</i>	28
4 LA RETE ELETTRICA DELL'ISOLA DI LAMPEDUSA	29
4.1 PREMESSA	29
4.2 DESCRIZIONE DELLA CENTRALE ELETTRICA	29
4.3 DESCRIZIONE DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE MT E BT	32
5 UTENZE ELETTRICHE.....	40
5.1 PREMESSA	40
5.2 INDIVIDUAZIONE DELLE CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELLE UTENZE.....	40
5.2.1 <i>Utenze domestiche</i>	40
5.2.2 <i>Utenze alberghiere</i>	41
5.2.3 <i>Utenze commerciali e del terziario</i>	42
5.3 DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DELLE UTENZE	43
5.4 ANALISI DEI DIAGRAMMI DI CARICO DELLE UTENZE	44
5.4.1 <i>Utenze domestiche</i>	44
5.4.2 <i>Utenze alberghiere</i>	45
5.4.3 <i>Utenze commerciali</i>	46
5.5 MONITORAGGIO DI ALCUNE UTENZE RAPPRESENTATIVE.....	48
5.5.1 <i>Utenza 1: appartamento</i>	48
5.5.2 <i>Utenza 3: albergo</i>	50
5.6 ANALISI DEI DIAGRAMMI DI CARICO DELL'ISOLA	51
5.6.1 <i>Diagramma di carico annuale</i>	51
5.6.2 <i>Diagramma di carico giornaliero</i>	52
5.6.3 <i>Determinazione dei fattori di potenza medi per ogni nodo MT</i>	54
6 TECNOLOGIE INNOVATIVE PER LA CLIMATIZZAZIONE E SISTEMI DI CONTROLLO DEI CARICHI ISOLANI	55
6.1 INDIVIDUAZIONE DI TECNOLOGIE PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI	55
6.1.1 <i>Sistemi di climatizzazione heat driven Solar DEC</i>	55
6.1.2 <i>Pompe di calore alimentate da PV</i>	57
6.1.3 <i>Building integrated PV-ST</i>	59
6.2 DEFINIZIONE DI UN MODELLO PER VALUTARE L'IMPATTO SULLA RETE DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO	61
6.3 STUDIO DI LOGICHE DI AGGREGAZIONE DEL CARICO ELETTRICO E TERMICO	62
6.3.1 <i>Premessa</i>	62
6.3.2 <i>Dati necessari per l'applicazione della metodologia</i>	63

6.3.3	<i>Algoritmo per la determinazione del profilo di produzione di impianti fotovoltaici</i>	65
6.3.4	<i>Algoritmo per la determinazione dei diagrammi di carico aggregati di cluster di utenti omogenei</i>	66
7	ANALISI DELL'APPLICABILITÀ DI TECNOLOGIE INNOVATIVE NELLE UTENZE RAPPRESENTATIVE.....	71
7.1	PREMESSA	71
7.2	UTENZA 1: APPARTAMENTO ALL'INTERNO DEL NUCLEO URBANO	71
7.2.1	<i>Stato di fatto, calibrazione del modello</i>	71
7.2.2	<i>Soluzione 1</i>	79
7.2.3	<i>Soluzione 2</i>	82
7.2.4	<i>Soluzione 3</i>	91
7.2.5	<i>Soluzione 4 e 5</i>	92
7.2.6	<i>Impatti sul diagramma di carico dell'appartamento</i>	93
7.3	UTENZA 2: VILLETTA ISOLATA.....	95
7.3.1	<i>Stato di fatto, calibrazione del modello</i>	95
7.3.2	<i>Soluzione 1</i>	100
7.3.3	<i>Soluzione 2</i>	102
7.3.4	<i>Soluzione 3</i>	105
7.3.5	<i>Soluzione 4 e 5</i>	107
7.4	UTENZA 3: HOTEL	107
7.4.1	<i>Stato di fatto, calibrazione del modello</i>	107
7.4.2	<i>Soluzione 1</i>	114
7.4.3	<i>Soluzione 2</i>	115
7.4.4	<i>Soluzione 3</i>	120
7.4.5	<i>Soluzione 4 e 5</i>	123
7.4.6	<i>Impatti sul diagramma di carico dell'hotel</i>	124
8	SISTEMI ICT PER L'IMPLEMENTAZIONE DI LOGICHE DI EFFICIENTAMENTO	127
8.1	PREMESSA	127
8.2	QUADRO NORMATIVO	127
8.3	STATO DELL'ARTE SISTEMI ICT	129
8.4	STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN'INFRASTRUTTURA ICT DELL'ISOLA	129
8.5	STUDIO DI FATTIBILITÀ DI SISTEMI ICT PER LE UTENZE RAPPRESENTATIVE	133
8.5.1	<i>Utenza 1 – Edificio residenziale</i>	133
8.5.2	<i>Utenza 2 – Albergo</i>	143
8.5.3	<i>Riepilogo dei risultati dello studio</i>	149
8.6	CONCLUSIONI	150
9	PREDISPOSIZIONE DI UN SISTEMA DI CLIMATIZZAZIONE INNOVATIVO AD ENERGIA SOLARE PRESSO IL LABORATORIO ENEA DI LAMPEDUSA	152
10	CONCLUSIONI.....	158
11	APPENDICE 1 – QUESTIONARIO	159
12	APPENDICE 2 – COMPUTI METRICI ESTIMATIVI.....	168
13	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	184
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	185

Sommario

Il presente documento riferisce sui contenuti e sui risultati delle attività svolte nell'ambito della ricerca dal titolo: *Analisi delle tecnologie per la climatizzazione e sistemi ICT applicati agli utenti finali delle isole minori non connesse alla RTN al fine di efficientare il sistema elettrico isolano.*

La struttura del report, che ricalca gli obiettivi indicati nel contratto si articola in dieci capitoli e due appendici. Gli obiettivi generali ed un primo inquadramento sono descritti nel **capitolo 1**.

L'analisi tramite rilievi e/o su base documentale degli impianti esistenti (elettrico, illuminazione, eventuali sistemi BAC e TBM, riscaldamento, produzione ACS, condizionamento, trasmissione dati) e delle caratteristiche degli eventuali generatori distribuiti attualmente installati negli edifici considerati è contenuta nei capitoli **2 e 3**. L'analisi è stata anche estesa allo stato di fatto della rete elettrica isolana (**capitolo 4**)

Lo studio è supportato dai risultati di rilievi effettuati in situ su edifici e impianti, dalla raccolta di informazioni presso il comune di Lampedusa e Linosa, presso gli utenti mediante la somministrazione di questionari (**appendice 1**), dall'interlocuzione con il gestore della rete elettrica isolana (S.EL.I.S.), dalla consultazione di documenti di pianificazione e di precedenti studi svolti in simili ambiti. A tal proposito si è evidenziato quanto tali studi siano stati più focalizzati sull'impatto di nuove tecnologie a scala di rete e di infrastruttura piuttosto che alla scala della singola utenza, che rappresenta invece il punto di partenza della presente ricerca al fine di valutarne successivamente l'efficacia mediante una metodologia originale.

A tal proposito rivestono particolare importanza le risultanze delle attività di monitoraggio puntuale, effettuate su utenze particolarmente rappresentative con il supporto di ENEA, finalizzate a rilevare l'energia prodotta da eventuali impianti di generazione, l'energia consumata dai carichi flessibili, l'energia consumata per riscaldamento/raffrescamento o produzione di ACS, etc. La descrizione dei set up e dei risultati ottenuti sono riportati prevalentemente nel **capitolo 5**, in cui sono anche riportate le elaborazioni dei dati forniti da S.EL.I.S. a livello di categorie di utenze e cabine di distribuzione.

Tenendo conto delle peculiarità degli edifici censiti, del contesto territoriale e dei risultati ottenuti dal monitoraggio strumentale dei consumi elettrici di alcune utenze campione, nel **capitolo 6** vengono descritte le possibili opzioni tecnologiche in grado di limitare la richiesta di energia elettrica per la climatizzazione estiva ed invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria mediante l'impiego del vettore termico o l'energia termica/elettrica autoprodotta da fonti rinnovabili

Inoltre, poiché nell'implementazione di interventi di efficientamento dei carichi e del sistema elettrico è importante guardare non solo al singolo utente ma al complesso di utenti che insieme costituiscono un carico elettrico aggregato, viene proposta una metodologia messa a punto per la simulazione del carico elettrico aggregato dell'isola.

Scopo delle suddette analisi è quello di valutare, già in questa annualità, i benefici apportati alla gestione della rete elettrica isolana in termini di ottimizzazione dei diagrammi di carico, risparmio nell'approvvigionamento di combustibile, miglioramento nella qualità e continuità del servizio, ecc.

I **capitoli 7 e 8** riportano invece gli studi di dettaglio svolti per le utenze rappresentative selezionate in relazione alle prestazioni attese dalle tecnologie sopra descritte e da misure di implementazione di sistemi di Building Automation.

A tal fine sono stati realizzati dei modelli di simulazione dinamica in grado di simulare e replicare il comportamento termofisico del complesso edificio-impianti (**capitolo 7**). Tali modelli, in prima istanza calibrati sia sui dati di bolletta e, ove possibile, sui dati rilevati strumentalmente, sono stati utilizzati per

verificare la fattibilità e le prestazioni di sistemi per la produzione da FER con lo scopo di ridurre la domanda di energia elettrica e di fonti. Ciò ha comportato anche l'individuazione di soluzioni ottimali per la produzione, accumulo ed utilizzazione dei vettori energetici a scala di edificio, sviluppata tenendo conto delle peculiarità degli edifici rappresentativi e delle criticità (es. fluttuazione del carico stagionale, ecc.) che caratterizzano le reti elettriche nelle isole minori.

In particolare, per ciascuna utenza sono stati valutati i seguenti interventi di retrofit:

- 1) Soluzione 1: Impianto solare termico per la produzione di ACS con integrazione elettrica (utenza domestica) o PdC
- 2) Soluzione 2. Unità trattamento aria o sistema compatto *Freescoo* per il condizionamento estivo e invernale del tipo Desiccant and Evaporative Cooling System a letti raffreddati e rigenerati mediante calore prodotto da un apposito impianto solare termico idoneo anche alla produzione di ACS
- 3) Soluzione 3. Impianto fotovoltaico per l'autoproduzione di energia elettrica a servizio della pompa di calore e degli altri impianti;
- 4) Soluzione 4. Impianto di illuminazione LED con controllo automatico di accensione basato sull'illuminamento naturale disponibile;
- 5) Soluzione 5. Controlli BAC per gestione carichi programmabili (elettrodomestici, apparecchiature varie).

Le simulazioni hanno mostrato come, soprattutto per l'utenza residenziale, sia possibile ridurre drasticamente il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per tutti e tre i suddetti usi finali, impiegando la risorsa solare, attualmente del tutto, ed inespugnabilmente, sotto utilizzata nell'isola.

Il **capitolo 8**, a seguito di un accurato studio sullo stato dell'arte e del contesto, descrive l'individuazione di uno specifico sistema ICT per il controllo del carico di singole utenze "tipo" (residenziali e/o terziario) in grado di attuare le logiche di aggregazione e gestione dei carichi elettrici programmabili dei singoli utenti finali (scaldabagno, lavatrice, pompa di calore, ecc) e di cluster di edifici anche in presenza di eventuali sistemi di accumulo al fine di modulare il carico totale di un distretto e massimizzare l'efficienza della rete elettrica isolana. L'**appendice 2** riporta i computi metrici estimativi delle soluzioni individuate.

Infine, sempre allo scopo di predisporre future sperimentazioni in campo, il **capitolo 9** descrive l'attività di supporto dei DEIM UNIPA in relazione all'installazione di un sistema di climatizzazione innovativo estivo/invernale di piccola taglia alimentato ad energia solare termica che verrà effettuata da ENEA presso il proprio laboratorio di Lampedusa.

In particolare il DEIM, anche a seguito di sopralluoghi, ha collaborato alla predisposizione di schemi di installazione del sistema, ha individuato strumenti e componenti aggiuntivi che occorreranno alla sperimentazione e all'ottimizzazione del sistema per il contesto isolano. È stato inoltre predisposto un piano di prove sperimentali del sistema.

1 Introduzione

Da numerosi studi svolti, non ultimo il Progetto: “EFFICIENTAMENTO ENERGETICO ISOLE MINORI NON CONNESSE AL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE: STIMA DEL POTENZIALE TERMICO AI FINI DELLO SVILUPPO DI RETI DI TELERISCALDAMENTO E RAFFREDDAMENTO”, Piano Triennale della Ricerca nell’ambito del Sistema Elettrico Nazionale 2012-2014, PAR 2014 svolto dal Dipartimento DEIM (UNIPA), si evince che uno dei principali fattori di criticità nel dispacciamento e generazione dell’energia elettrica nei contesti isolani è legato alla fluttuazione stagionale del carico che nel periodo estivo può raggiungere in alcuni casi un valore pari a 5 volte il carico degli altri mesi (UNIEM – Unione Imprese Elettriche Minori). L’obiettivo di ricerca a medio termine è quindi quello di analizzare le soluzioni tecniche capaci di ridurre i carichi elettrici per la climatizzazione degli edifici e l’utilizzo di sistemi ICT applicati a scala di edificio per massimizzare il rendimento di generazione e distribuzione delle reti insulari non interconnesse alla rete elettrica nazionale (RTN), considerando le reali condizioni economiche in cui operano i gestori del servizio elettrico isolano.

Per valutare nel dettaglio i vantaggi in termini energetici ed economici apportati dalle suddette tecnologie ai contesti isolani, nel corso della presente annualità è stato condotto uno studio focalizzato su l’isola di Lampedusa.

Tenendo conto delle peculiarità degli edifici censiti e del contesto territoriale e dei risultati ottenuti dal monitoraggio strumentale dei consumi elettrici di alcune utenze campione, è stata indagata la possibilità di installare presso le singole utenze (edifici pubblici, strutture alberghiere, edifici mono-multi familiare) sistemi e tecnologie in grado di ridurre la richiesta di energia elettrica per la climatizzazione estiva ed invernale, che impieghino il vettore termico o l’energia termica/elettrica autoprodotta (pompe di calore solar driven, climatizzatori heat driven con sistemi di accumulo, ecc), mettendo a punto un modello per valutare, nelle annualità successive, l’impatto sul rendimento e sull’esercizio della rete elettrica dell’isola (es. riduzione dei picchi di assorbimento, riduzione delle perdite di energia in rete, riduzione delle oscillazioni del carico dovute alla stagionalità). Contestualmente è avviato lo studio di logiche di aggregazione del carico elettrico e termico degli utenti finali isolani, finalizzate all’incremento delle prestazioni dei generatori distribuiti in condizioni di massima efficienza, in abbinamento a sistemi di accumulo e a possibili microreti termiche locali. Si sono anche definite delle architetture tipo di sistemi ICT da installare presso alcune utenze tipo che sono state oggetto dello studio (abitazioni, alberghi).

All’analisi dello stato dell’arte sulla tematica di ricerca scelta, si è affiancata anche un’analisi preliminare del regime vincolistico vigente, al fine di determinare successivamente la fattibilità delle soluzioni proposte ed evidenziare eventuali problematiche autorizzative connesse.

2 Descrizione dell'isola di Lampedusa

2.1 Caratteristiche geografiche, popolazione e utenze

L'isola di Lampedusa si estende per 20,2 km² ed è la maggiore delle isole dell'Arcipelago delle Pelagie che comprende, oltre la stessa Lampedusa, anche le isole di Linosa e Lampione. A livello amministrativo il suo territorio ricade nel Comune di Lampedusa e Linosa in provincia di Agrigento. L'intera isola è rappresentata nella carta tecnica regionale alle sezioni 635910 e 635920, ed è compresa fra il meridiano 12°30'00"E e il meridiano 12°40'00"E e fra il parallelo 35°29'00"N e il parallelo 35°32'00"N. L'isola ha una forma allungata e misura da est a ovest 10,5 km e da nord a sud 4,2 km con una massima quota altimetrica di 195 m s.l.m.. Dal punto di vista geologico, essa è prevalentemente caratterizzata dalla presenza di calcare (carbonato di calcio) e di dolomite (carbonato di calcio e magnesio).

Il nucleo urbano vero e proprio si sviluppa su una superficie di circa 0,6 km² a sud-est dell'isola ed è direttamente collegato alle principali infrastrutture e ai principali impianti presenti nell'isola: il porto, l'aeroporto, il dissalatore, il depuratore, il faro e la centrale elettrica. Sempre in quest'area si trovano anche i principali servizi come il poliambulatorio, gli uffici comunali e le scuole; solamente il centro di accoglienza si trova nella zona a ovest dell'isola, all'interno dell'area militare, Figura 1.

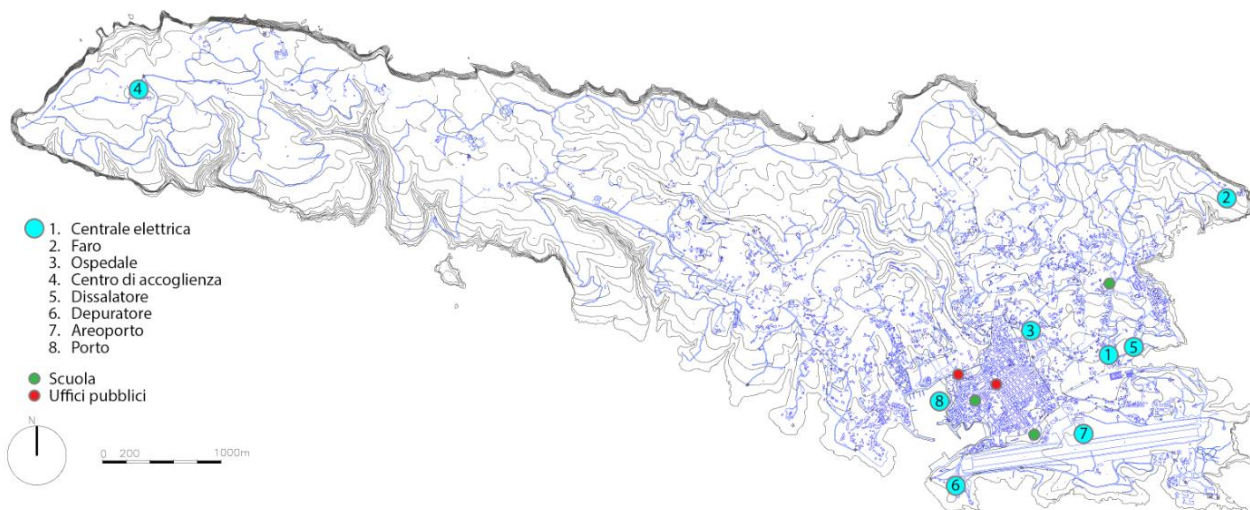


Figura 1. C.T.R. - Quadro di unione delle due sezioni della carta tecnica regionale

Dal punto di vista climatico, nell'isola si registrano 568 GG e pertanto è compresa nella fascia climatica A il cui periodo di riscaldamento va dal 1 dicembre al 15 marzo. I valori annuali di temperatura e umidità relativa sono stati valutati attraverso il software METEONORM e le medie mensili riportate in Figura 2.

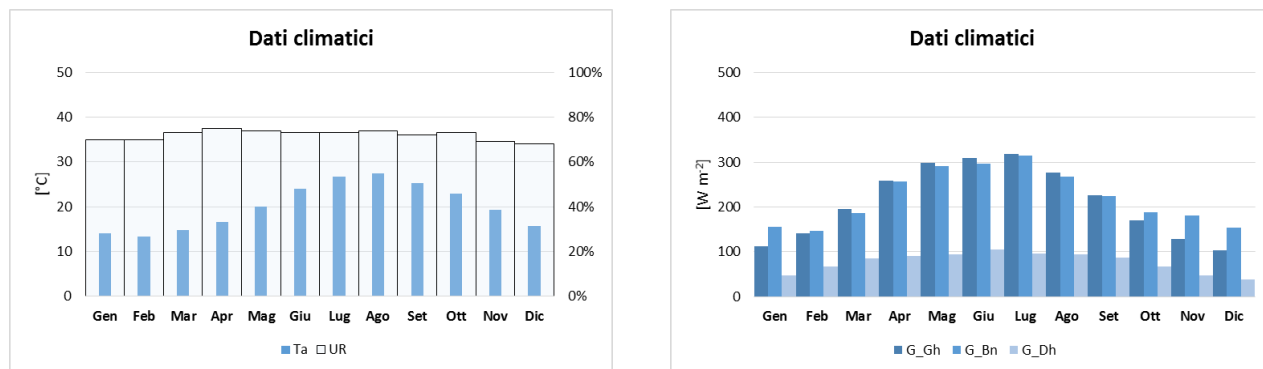


Figura 2. Dati climatici, a sinistra temperatura (Ta) e umidità relativa dell'aria (UR); a destra irraggiamento medio globale (G_Gh), irraggiamento medio mensile diretto normale (G_Bn) e irraggiamento diffuso (G_Dh).

Secondo l'ultimo Censimento della popolazione [1], circa l'85% delle abitazioni ricade all'interno del centro urbano e dei nuclei abitati, intendendo con questi ultimi delle forme di aggregazione secondo gruppi contigui di case con almeno cinque famiglie, purché l'intervallo tra casa e casa non superi trenta metri e sia in ogni modo inferiore a quello intercorrente tra il nucleo stesso e la più vicina delle case manifestamente sparse, Figura 3. Dai dati Istat relativi ai Censimenti realizzati fra il 1971 e 2011 si nota per l'intero Comune di Lampedusa e Linosa una popolazione residente in crescita che allo stato attuale conta 6105 abitanti residenti contro una popolazione presente di 6234, Figura 3.

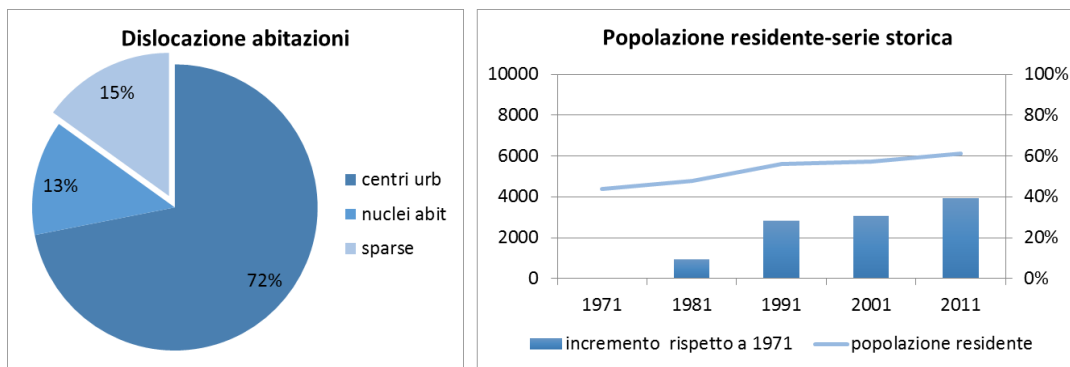


Figura 3. Popolazione e distribuzione nel territorio.

Dal Censimento della Popolazione e delle Abitazioni 2011, si evince inoltre una distribuzione della popolazione per fasce di età tendenzialmente uniforme fino ai 79 anni e la presenza prevalente di famiglie con al massimo 3-4 componenti, Figura 4.

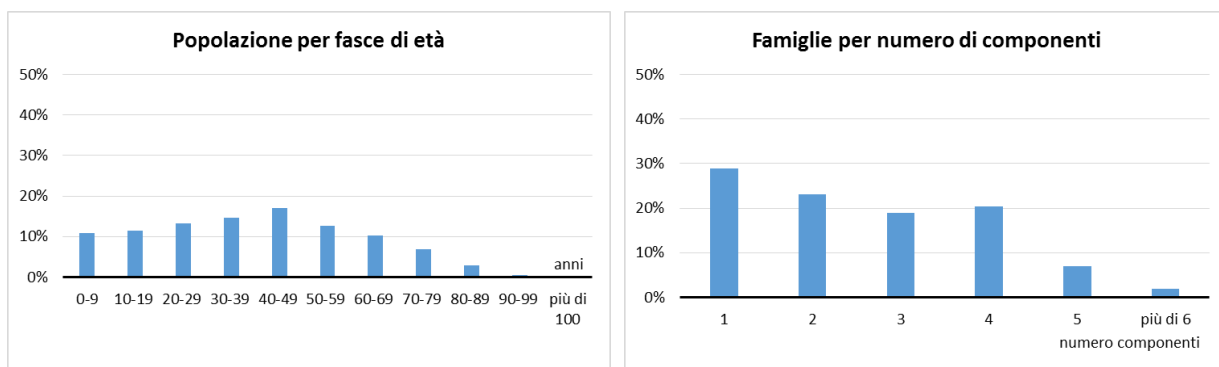


Figura 4. Caratterizzazione della popolazione.

Ai fini del presente studio è utile inoltre far riferimento al Report ISTAT "Cittadini e nuove tecnologie" [2] al fine di dare una lettura critica e referenziata della popolazione dell'isola in termini di penetrabilità delle tecnologie BAC. Secondo questo studio, condotto nel 2014 su un campione di famiglie selezionate di volta in volta all'interno delle varie ripartizioni regionali, in Sicilia solo il 44.5% degli intervistati possiede un cellulare abilitato all'accesso internet, il 54.5% un personal computer mentre solo il 55,8% è connesso alla rete generalmente su banda larga (54,6%). La maggior parte degli intervistati che non possiede un collegamento internet motiva tale scelta in base all'incapacità di usare la rete e allo scarso interesse; mentre coloro che possiedono il collegamento preferiscono per accedervi utilizzare il computer portatile (60.6%), dispositivi mobili (45.1%) e il computer fisso (44.4%), e lo fanno con una frequenza giornaliera e settimanale rispettivamente del 62.6% e del 31.6%.

Di maggiore interesse ai fini del presente studio sono le correlazioni che scaturiscono da questa indagine fra la diffusione delle ITC e l'età, il sesso, la composizione del nucleo familiare, il grado istruzione degli intervistati. Rispetto alle diverse fasce di età, gli internauti sono principalmente giovani fra i 15 e i 24 anni con un forte incremento rispetto al 2013 dell'uso quotidiano di internet fra i 25-34enni e tra i giovani di 15-17 anni; mentre le percentuali decrescono superati i 35 anni. Tenuto conto di questa tendenza generale si è

voluto raggruppare la popolazione isolana per classi di età così come in Figura 5. Si nota come circa la metà della popolazione isolana è compresa fra i 25 e i 54 anni (45%) mentre il 29% è compreso fra 0 e 24 anni. A queste fasce corrisponde nel report ISTAT una tendenza elevata all’utilizzo del personal computer che fa ben sperare per un’eventuale diffusione delle tecnologie domotiche non soltanto allo stato attuale ma anche nel futuro.

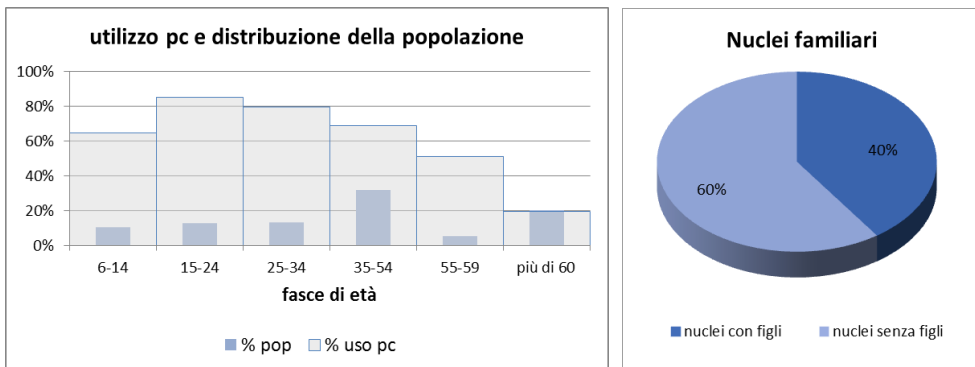


Figura 5. Principali risultati del report ISTAT “Cittadini e nuove tecnologie” e dati ISTAT 2011 del Censimento popolazione e abitazioni.

Allo stesso modo, lo studio dell’ISTAT ha evidenziato che le famiglie dove è presente un minore hanno una maggiore propensione verso le tecnologie ICT (il pc è presente nel 87.1% e l’accesso a internet il 89% dei casi). Dai dati del censimento sui nuclei familiari si conferma ancora una volta una buona predisposizione verso le nuove tecnologie (Figura 5). Tale ipotesi è confermata se si considera che il divario fra le famiglie tecnologicamente più avanzate il cui componente di riferimento è un dirigente/libero professionista/imprenditore (93% dispone di un pc) e le famiglie con capofamiglia impiegato/operaio si riduce. Infine il report ISTAT sull’uso delle tecnologie evidenzia una tendenza all’uso del pc soprattutto per gli utenti in possesso di laurea o specializzazione post laurea con valori decrescenti al decrescere del livello scolastico raggiunto. Tale tendenza è confermata per tutte le fasce di età con valori più elevati per i giovani da 0-24 anni e meno elevati per gli over 65, nel grafico in Figura 6 si riporta il valore medio in modo da poter fare un paragone con i dati del censimento della popolazione. Si nota in questo caso una meno marcata corrispondenza fra le tendenze generali individuate nel territorio italiano e la distribuzione della popolazione rispetto alla variabile “titolo di studio”. Infine, prendendo in considerazione la condizione professionale, il rapporto ISTAT individua negli studenti la categoria che maggiormente mostra una propensione verso le nuove tecnologie. In generale studenti e occupati mostrano elevato grado di diffusione del pc (circa 80% degli intervistati a scala nazionale) che corrisponde nel territorio isolano a circa il 42% della popolazione.

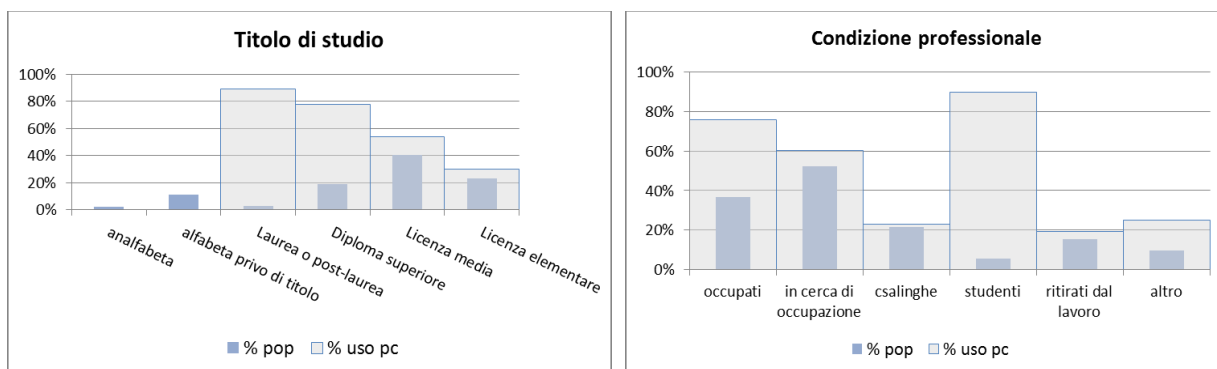


Figura 6. Titolo di studio e condizione professionale.

Per quanto riguarda la caratterizzazione delle utenze terziarie si può fare riferimento rispettivamente ai Censimenti dell’industria, delle istituzioni pubbliche e no profit svolto nel 2011 [3] e al Censimento

dell'agricoltura del 2010 [4]. In particolare, nell'isola sono presenti 454 attività produttive che svolgono attività in diversi settori. È bene notare che si tratta per lo più di piccole società uninominali o con pochi addetti, generalmente compresi fra 1 e 5. Le attività sono quindi state raggruppate in base allo scopo del presente studio e in base al numero di unità presenti nel territorio in Figura 7. Nello specifico si sono raccolte in un'unica voce tutte quelle attività che presuppongono principalmente un lavoro di ufficio corrispondente ad un preciso profilo di utenza. Tra queste, facendo riferimento ai codici ATECO, si differenziano: attività finanziarie e assicurative, servizi di informazioni e comunicazione, attività immobiliari, attività professionali e tecnico scientifiche, noleggio, agenzie di viaggio, attività artistiche/sportive e di intrattenimento. Si è preferito invece separare le voci riguardanti alloggio e ristorazione considerato i diversi profili di utenza e di fabbisogno; mentre alla voce "artigianato" si sono raggruppate tutte quelle imprese che svolgono attività manifatturiera. È utile notare che le attività più diffuse riguardano la pesca e l'acquacoltura, il commercio al dettaglio e i servizi di alloggio e ristorazione. Proprio all'interno delle prime due categorie si ritrovano le uniche imprese con classe di addetti compresa fra 20-49 dipendenti.

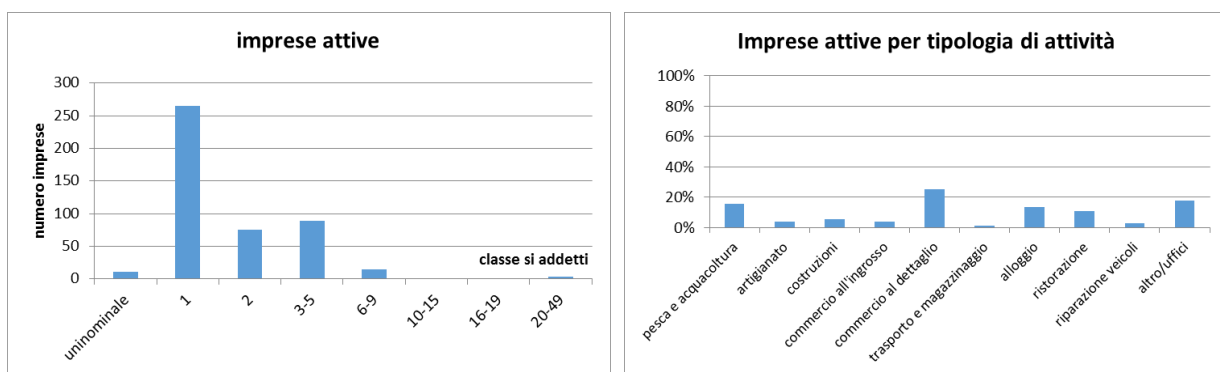


Figura 7. Attività produttive.

La forte vocazione turistica dell'Isola è quindi confermata da una lettura critica dei dati del Censimento Industria 2011; considerando infatti le sole macro-voci ATECO direttamente riconducibili all'attività turistica, queste ultime costituiscono circa il 34% delle imprese attive. È da notare inoltre l'elevato numero di attività di vendita al dettaglio e di servizi di ristorazione rispetto al numero totale di abitanti. È quindi necessario a tal fine tarare il profilo di fabbisogno annuale in relazione all'afflusso turistico. L'osservatorio provinciale per il turismo della provincia di Agrigento (Figura 8) fornisce i dati di affluenza al 2013 [5] precisando che verosimilmente l'andamento in termini assoluti è sottostimato a causa dei ritardi con cui le strutture ricettive trasmettono i propri dati e a causa dell'affitto non ufficiale di seconde case.

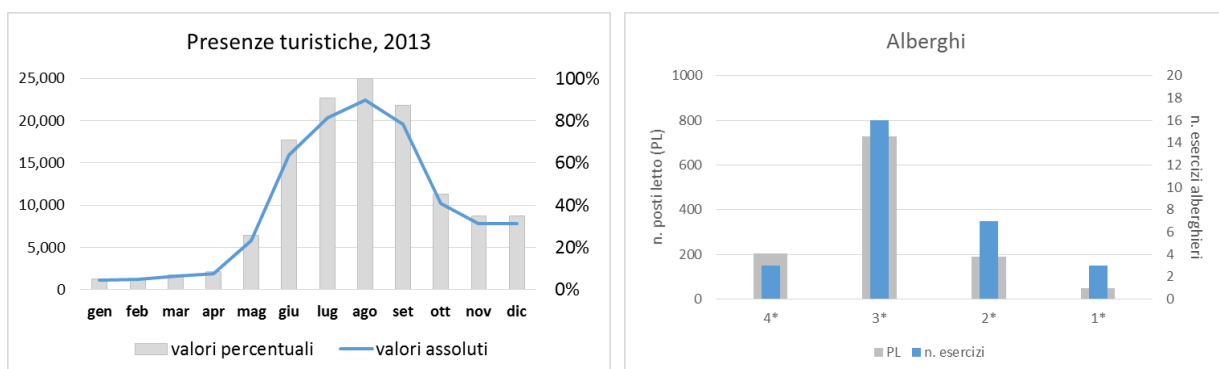


Figura 8. Affluenza turistica e esercizi alberghieri presenti nell'Isola.

Si ritiene pertanto opportuno individuare una curva di occupazione delle strutture turistiche normalizzando i valori assoluti rispetto al valore di presenze turistiche nel mese di maggior affluenza in modo da restituire una curva di occupazione delle strutture alberghiere. Dalla stessa fonte è poi possibile individuare il numero di esercizi alberghieri in base al numero di stelle in funzione dei posti letto. Si precisa che per la natura del

presente lavoro sono stati esclusi da questa analisi gli esercizi extralberghieri che per loro strutturazione e organizzazione rientrano in un profilo di utenza più coerente con quello residenziale.

Un elenco più dettagliato delle strutture ricettive, sebbene datato al 2006, si trova infine nel “Vademecum della ricettività alberghiera ed extra-alberghiera in Sicilia” a cura dell’Assessorato al Turismo della Regione Sicilia [6], dal quale si vince che le strutture alberghiere isolate (Figura 9) sono state realizzate a partire dal 1970 con una media di 4 strutture per decennio.



Figura 9. Distribuzione delle principali attività alberghiere: in celeste gli alberghi a 3 stelle, in blu quelli a 4 stelle in rosa i residence.

2.2 Regime vincolistico e documenti di programmazione

Il comune di Lampedusa e Linosa è dotato del Piano di Fabbricazione e allo stato attuale non rientra fra i firmatari del Patto dei Sindaci. Le due isole rientrano però nel Piano Paesaggistico (in regime di adozione e salvaguardia dal 2013) [7] e il Piano di Gestione (PdG) [8] del SIC ITA040002 “Isola di Lampedusa e Lampione” e della ZPS ITA040013 “Arcipelago delle Pelagie-Area marina e terrestre”. Un’ulteriore sistema di vincoli deriva, infine, dall’Area Marina Protetta [9] la cui zonizzazione, così come presentata nel regolamento di disciplina, presenta un livello crescente di tutela dalla zona A alla zona C, (Figura 10).

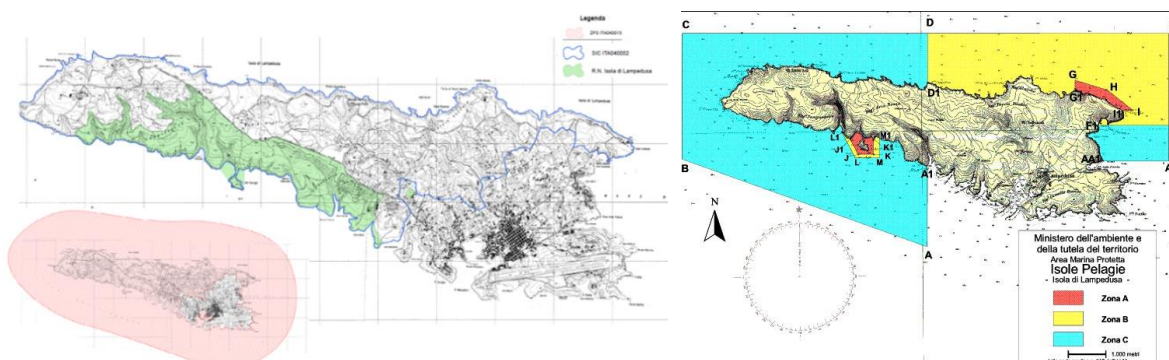


Figura 10. Aree soggette al Piano di Gestione (a sinistra) e zonizzazione dell’Area Marina Protetta (a destra).

Il Piano Paesaggistico organizza il territorio in sette differenti paesaggi locali (Figura 11) per ciascuno dei quali sono individuate peculiarità paesaggistiche e beni tutelati ai sensi del D.Lgs. 42/04, Codice dei beni Culturali e del Paesaggio. Il piano introduce un sistema di vincoli che mirano a mantenere, tutelare o migliorare il paesaggio dell’Isola. All’art. 50 si individuano quindi gli interventi da considerarsi come di

“rilevante trasformazione del paesaggio” da assoggettare, anche qualora non sia prevista dalla normativa vigente la Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) o la Valutazione di Incidenza, ad uno studio di compatibilità paesaggistico ambientale ai sensi del D.P.R. del 12.04.1996 e ss.mm.ii. Fra tali opere sono espressamente menzionati *“gli impianti per la produzione, lo stoccaggio e il trasporto a rete dell’energia, incluse quelli da fonti rinnovabili, quali impianti geotermici, da biomasse, centrali eoliche ed impianti fotovoltaici”*. Al comma c dello stesso articolo, si ribadisce infine il divieto di realizzazione di impianti industriali di energia rinnovabile (eolica e fotovoltaica) su tutto il territorio dell’isola. Fanno eccezione impianti fotovoltaici ed eolici purché inferiori a 20 kW di potenza installata che vanno comunque esclusi da tutte le porzioni di territorio ad elevata vulnerabilità percettiva e pertanto ricadenti ai sensi dell’art. 29 dello stesso piano (Figura 12) nei regimi di:

- Conservazione (CO)
- Tutela e valorizzazione dei siti di rilevante interesse paesaggistico ambientale (TV)
- Tutela del Paesaggio Agrario (TPA)
- Ripristino (RI)
- Recupero ambientale e paesaggistico (RE)
- Tutela dei Centri Storici (TCS).

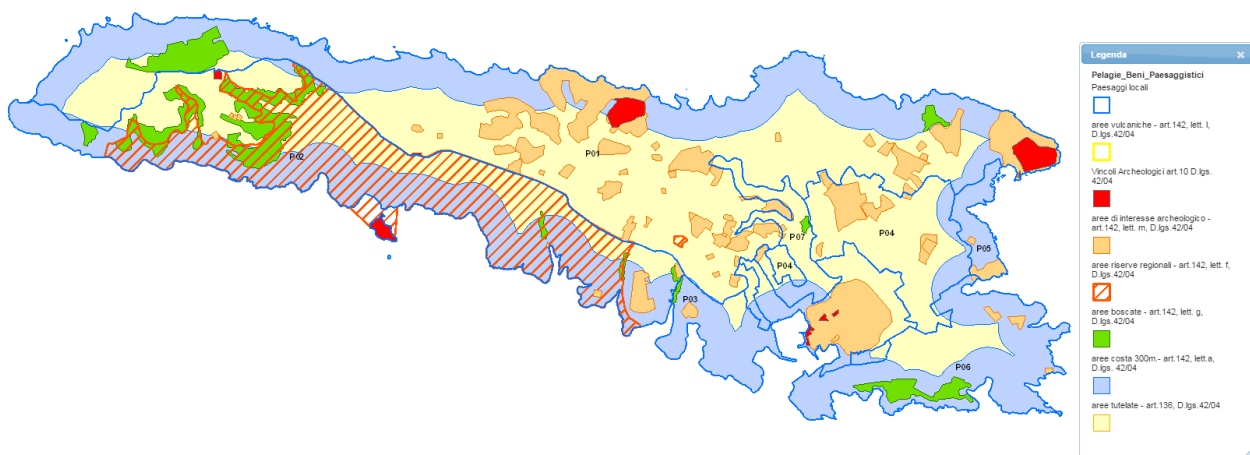


Figura 11. Beni paesaggistici e paesaggi locali. Vincoli ai sensi del D.Lgs 42/2004.

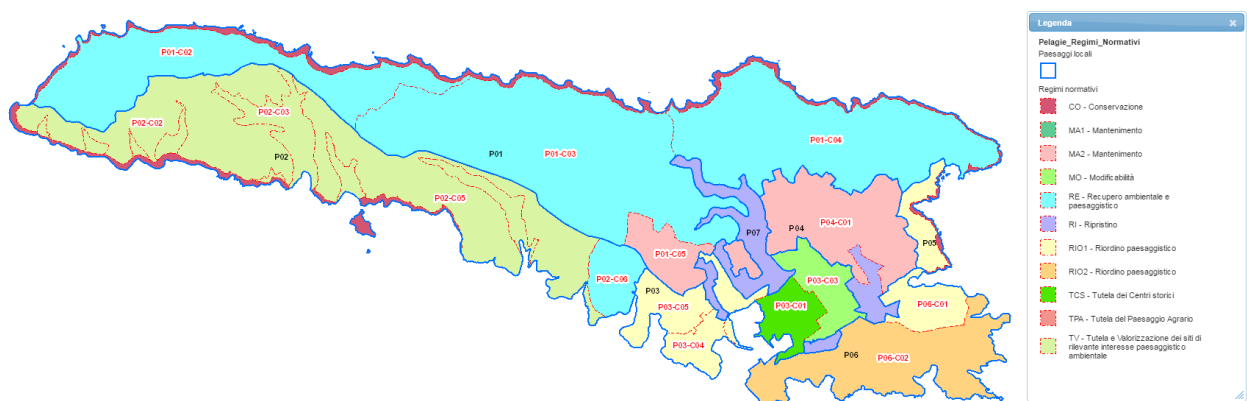


Figura 12. Piano paesaggistico – regime vincolistico.

Al Piano Paesaggistico si affianca il Piano di Gestione (PdG) approvato in via definitiva dall'Assessorato Regionale Territorio Ambiente con DDG 861/2010. Tale strumento si occupa nello specifico delle ZPS, SIC e delle aree incluse nella Rete Natura 2000, Figura 10. Si tratta di buona parte del territorio isolano, esclusa la zona più antropizzata a sud-est. All'interno del piano si trovano comunque alcune indicazioni interessanti rispetto ai detrattori ambientali che riguardano sia le aree strettamente annesse al piano sia in quelle limitrofe. In particolare si fa riferimento alle palificazioni delle linee elettriche a bassa, media e alta tensione che attraversano l'intera isola concentrate principalmente nelle aree più urbanizzate.

Il PdG individua poi la stessa centrale elettrica di Cala Pisana (anche se esterna alle zone SIC e ZPS) come uno dei detrattori ambientali con effetti negativi sugli habitat e specie sottoposti a pubblica tutela. Il piano propone quindi un obiettivo specifico relativo alla *"Promozione dell'uso sostenibile delle risorse"* nel quale si mette in evidenza la necessità di favorire il corretto uso delle energie rinnovabili a fronte del costo ambientale dovuto l'approvvigionamento con navi di carburanti e all'assenza di qualunque uso di fonti alternative, quali il solare. Il PdG fa poi riferimento alle misure previste dal *PSR-Sicilia 2007/2013*. Con riguardo ai temi trattati nel presente report, è di interesse la valutazione proposta nel PdG riguardo la misura 125 *"Miglioramento e creazione delle infrastrutture connesse allo sviluppo e all'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura"* e la misura 311 *"Diversificazione in attività non agricole"*. Secondo tale valutazione, fermo restando che gli interventi devono essere compatibili con le salvaguardie delle specie, è da favorire l'installazione di impianti fotovoltaici stand-alone rispetto alla creazione di nuovi elettrodotti arei. In linea di carattere generale e nelle more dell'adeguamento degli strumenti urbanistici vigenti al PdG, è comunque vietato all'interno dei SIC la realizzazione di impianti fotovoltaici ed eolici.

2.3 Individuazione delle aree idonee per nuove installazioni

Al fine di determinare le aree idonee all'installazione di impianti da FER è necessario far riferimento da una parte al quadro normativo della materia sia a scala nazionale sia regionale e dall'altra al sistema vincolistico dell'area. Con D.Lgs. 387/2003 l'Italia infatti recepisce la direttiva Europea 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità. Con tale decreto all'art. 12 si introduce il concetto che le opere di realizzazione di impianti da fonti rinnovabili, comprese le opere accessorie, sono di pubblica utilità, indifferibili ed urgenti. Per questa ragione, si introduce un regime di autorizzazione unico purché le opere siano realizzate nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, del paesaggio e del patrimonio storico-artistico. Con successivo decreto DM 10/09/2010 del Ministero dello Sviluppo economico si indicano i criteri con cui le Regioni possono individuare le aree non idonee alla realizzazione di impianti da fonte rinnovabile. In linea di carattere generale, si tende a promuovere un uso razionale delle risorse rinnovabili all'interno del territorio assicurando un regime di salvaguardia dei beni ambientali, paesaggistici e storico-artistici attraverso il sistema autorizzativo e privilegiando il riutilizzo di aree già degradate da attività antropiche. L'individuazione delle aree non deve comunque essere inteso come un divieto tout-court ma come un sistema per indirizzare le scelte degli investitori snellendo l'iter di approvazione. In questo senso, dalla carta tematica redatta dalla Regione Sicilia (che con DPRS 48/12 recepisce il precedente decreto 10/09/2010) si evince che l'isola di Lampedusa presenta nei fatti una scarsa disponibilità di aree. Infatti, se si considera l'allegato 3, molti dei criteri elencati per l'individuazione delle aree non idonee trovano riscontro nel territorio dell'Isola: vincolo idrogeologico, presenza di riserve e siti Rete Natura 2000, Important Bird Area, vincoli paesaggistici (Figura 13).

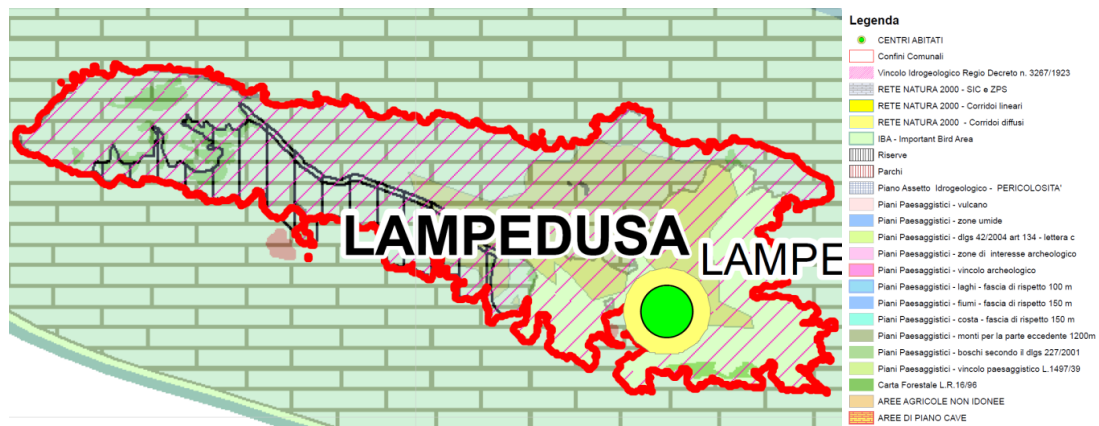


Figura 13. Estratto “carta delle aree non idonee per impianti da fonte rinnovabile”.

Questi ultimi, come visto, sono particolarmente stringenti. Secondo il piano paesaggistico, infatti, gli impianti da energie rinnovabili, previo parere della sovrintendenza, possono essere realizzati all’interno delle sole aree soggette al regime di Mantenimento (MA) e di Modificabilità (MO). Si tratta nello specifico dell’area urbana adiacente al centro storico (P03-CO3 verde chiaro in Figura 14); delle aree agricole limitrofe al nucleo urbano (P01-CO5, P04-CO1 e P04-CO2 rosa in Figura 14). In questi ambiti sono consentiti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, ristrutturazione edilizia e nuova costruzione. All’art. 52 si introducono poi ulteriori restrizioni nel caso di installazioni su costruzioni sparse ad uso rurale e residenziale-turistico, che riprendono quanto prescritto dal DM 10/09/2010 per il fotovoltaico e dal D-Lgs. 28/2011 per il solare termico. In tali casi è quindi consentita l’installazione di collettori solari termici e pannelli fotovoltaici purché:

1. l’immobile non sia compreso fra i beni architettonici vincolati,
2. l’immobile non ricada su suolo in zone agricole nelle aree sottoposte a vincoli di tutela ai sensi dell’art. 134 del Codice Beni Culturali,
3. i pannelli devono essere posizionati in parallelo rispetto alla falda se installati su coperture inclinate,
4. i pannelli devono essere posizionati ad un’altezza non superiore all’altezza del parapetto e nella parte della copertura meno visibile quando installati su copertura piana,
5. i pannelli devono avere stesso colore della copertura o con superfici scure non riflettenti,
6. i serbatoi di accumulo per il solare termico siano posizionati in locali sottostanti coperti.

In relazione al punto 2 si precisa che all’interno del Paesaggio Locale P04 la carta dei vincoli del Piano individua alcune aree soggette ai sensi del D.Lgs. 42/2004 al vincolo di “aree di interesse archeologico”, pertanto le aree idonee all’installazione sono quelle raffigurate in arancione in Figura 14.

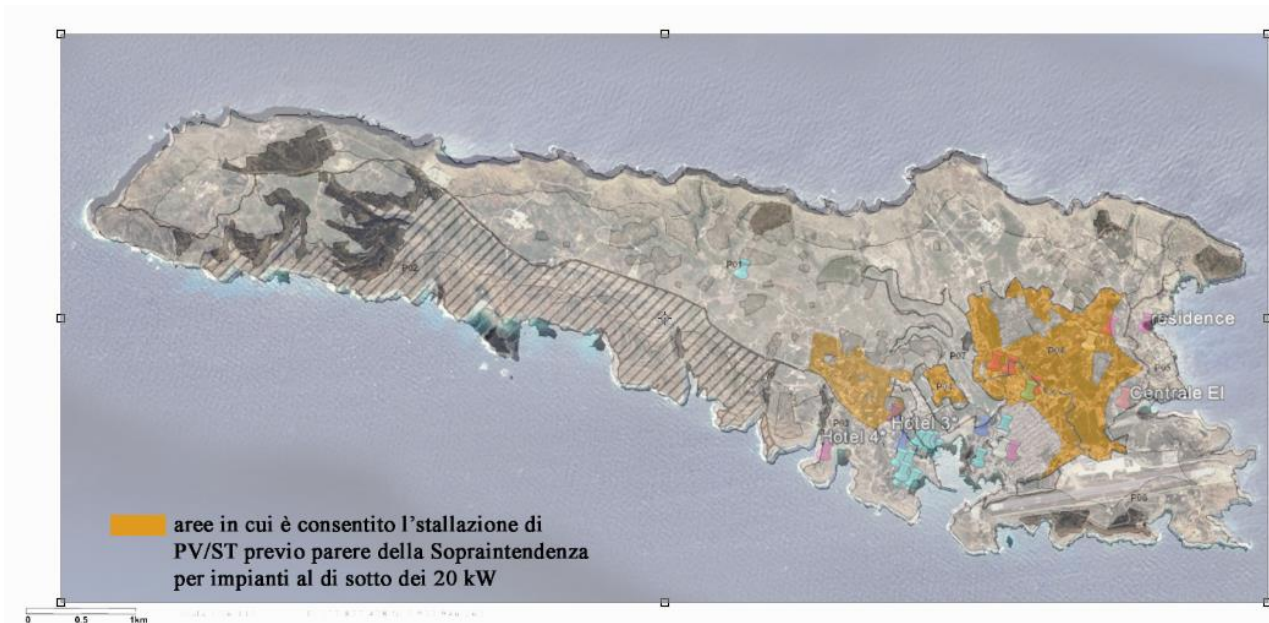


Figura 14. Rielaborazione carte tematiche con evidenziate le aree in cui è consentita l'installazione di PV/ST.

2.4 Stato dell'arte, le ricerche già svolte sull'isola

Negli ultimi anni sono state condotte numerose ricerche riguardanti l'efficientamento energetico dell'Isola di Lampedusa. Fra questi si ricordano:

- **PROGETTO A.** *Sviluppo delle Fonti Energetiche Rinnovabili nelle Isole minori non interconnesse* [10];
- **PROGETTO B.** *Smart Island* [11];
- **PROGETTO C.** *Efficientamento energetico isole minori non connesse al sistema elettrico nazionale: stima del potenziale termico ai fini dello sviluppo di reti di teleriscaldamento e raffreddamento* [12];

Il **PROGETTO A** ha l'obiettivo di valutare l'impatto sul sistema di produzione elettrico delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) nelle 20 isole italiane non connesse alla rete elettrica nazionale. Le isole sono state inizialmente raggruppate in cluster omogenei per caratteristiche. Per ciascuno cluster è stato quindi selezionato un caso studio esemplificativo, fra cui la stessa Lampedusa. L'obiettivo è quello di verificare e ottimizzare attraverso simulazioni energetiche annuali su base oraria tre possibili scenari alternativi al caso base (in cui la produzione elettrica avviene con generatori diesel):

- generatore diesel + fotovoltaico,
- generatore diesel + eolico,
- generatore diesel + eolico + fotovoltaico.
-

Per quanto riguarda il FV, si è tenuto conto che l'area totale dei tetti realisticamente utilizzabili sia di circa 77.800 m² (50% dei tetti piani e 25% dei tetti a falda, questi ultimi presenti solo nell' 1% degli edifici; con una propensione degli utenti all'installazione del 30%). La potenza FV teoricamente installabile è stata quindi stimata in 11,6 MW. La scelta degli aerogeneratori è stata effettuata ipotizzando diverse configurazioni fra le quali si è optato per quella composta da 4 turbine eoliche da 1000 kW di potenza ciascuna.

Contemporaneamente si è stimata la domanda elettrica delle utenze dell'isola sulla base dei dati di produzione mensili del 2013, distinguendo utenze domestiche e non domestiche, e sulla base dei dati orari del giorno-tipo (estivo, invernale e primaverile/autunnale). Tali profili orari sono stati assunti come costanti nei rispettivi mesi e scalati in modo che il consumo finale di ciascun mese corrispondesse con il dato di produzione. La stessa analisi dei consumi ha permesso, attraverso delle ipotesi, di determinare l'uso finale dell'energia per le utenze domestiche (sia residenti sia turistico-stagionali): dal raffronto fra picco invernale e picco del primo mese con assenza di riscaldamento si è dedotto la percentuale per il consumo

riscaldamento, mentre il consumo di ACS è stato considerato costante e calcolato dal fabbisogno pro-capite. Il consumo per i restanti usi (apparecchiature elettriche) è, infine, stato calcolato per differenza dai consumi invernali mentre il consumo per il raffrescamento è stato valutato per differenza nei mesi estivi imponendo i precedenti consumi costanti, Figura 15.

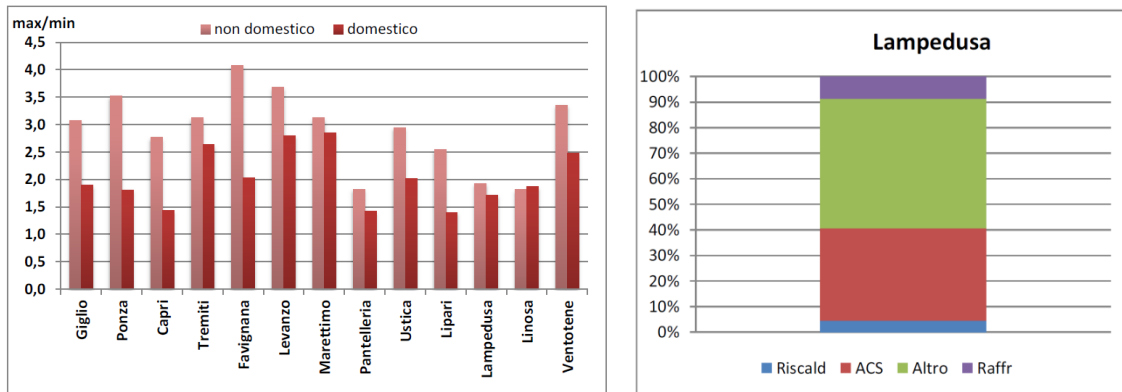


Figura 15. Estratto da PROGETTO A. Stima della ripartizione dei consumi dei residenti per tipologia di uso e rapporto fra consumo massimo e minimo nelle varie isole per utenze domestiche e non domestiche.

Questi dati sono stati poi incrociati con i risultati di un questionario somministrato alle imprese di produzione elettrica. Queste ultime sono state chiamate a valutare in “termini semi-quantitativi” (cit.) la diffusione delle principali tecnologie impiantistiche. Nel caso di Lampedusa, è stato rilevato un uso predominante di boiler elettrici per la produzione di ACS, di cucine a gas alimentate da bombole e di sistemi di raffrescamento e di riscaldamento, principalmente alimentati da energia elettrica, è abbastanza diffuso. Si sono quindi ipotizzati interventi per la riduzione dei consumi per ACS e climatizzazione attraverso la sostituzione degli elementi impiantistici riassunti in Tabella 1.

Tabella 1. Riduzione dei consumi.

Raffrescamento	Riscaldamento		ACS	
PdC cl. D -> Pdc cl. A	PdC cl. D -> Pdc cl. A	da stufa -> PdC cl. A	da boiler -> ST	da boiler -> PdC
-12.5%	-11%	-72%	-5.4%	-4.6%

Dall’analisi fra domanda e produzione dei tre scenari proposti, quello maggiormente performante è lo scenario che include eolico e fotovoltaico permettendo una penetrazione delle tecnologie FER pari al 40,9% (contro il 27 e 29% degli altri due scenari) con il massimo risparmio economico in termini di riduzione del LCOE, 13% (contro il 11 e 5% degli altri due scenari), Figura 16.

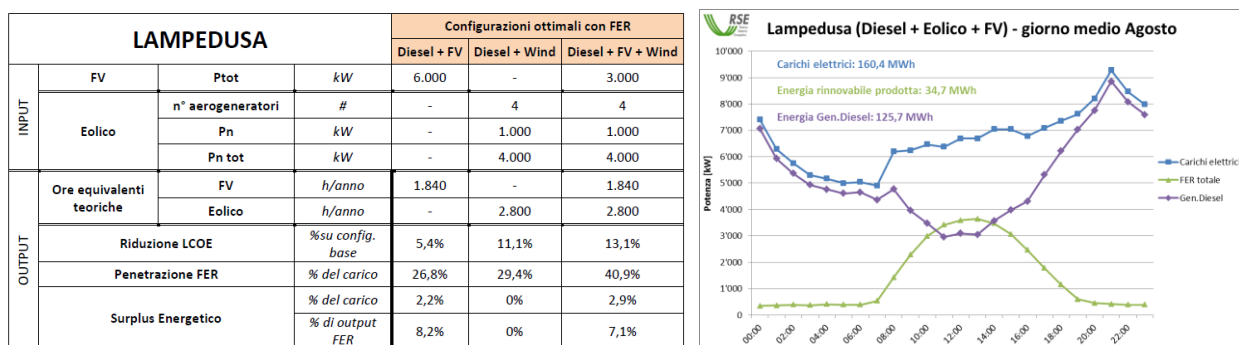


Figura 16. Estratto dei risultati del Progetto A per l'Isola di Lampedusa.

Il **PROGETTO B** si è inizialmente focalizzato nella definizione di curve di carico elettrico annuali e mensili delle diverse tipologie di utenze. In una prima fase è stata condotta un’analisi dei dati ISTAT e dei sopralluoghi finalizzati a definire il parco di utenze dell’isola. Sono stati individuati 13 cluster:

- Abitazioni dei residenti
- Abitazioni dei non residenti
- Illuminazione pubblica
- Strutture ricettivi
- Attività terziarie
- Attività terziarie quali bar, pizzerie e ristoranti
- Industrie
- Utenze comunali
- Impianti di acquedotto e fognature
- Impianto di dissalazione
- Aeroporto
- Zone militari e caserme
- Autoconsumi centrale elettrica.

La definizione del profilo di carico e di conseguenza la stima della domanda di energia elettrica (i cui risultati in percentuale sono riportati in Figura 17) è stato un punto cruciale del progetto. Per quanto riguarda le abitazioni (sia residenti sia non residenti) si è proceduto incrociando i dati derivanti da un questionario somministrato alla popolazione (100 abitazioni) con i dati di letteratura sull'utilizzo degli elettrodomestici e i dati di consumo noti. Questo ha permesso di sviluppare e validare un modello di simulazione dinamica in Energy Plus su un'abitazione tipo.

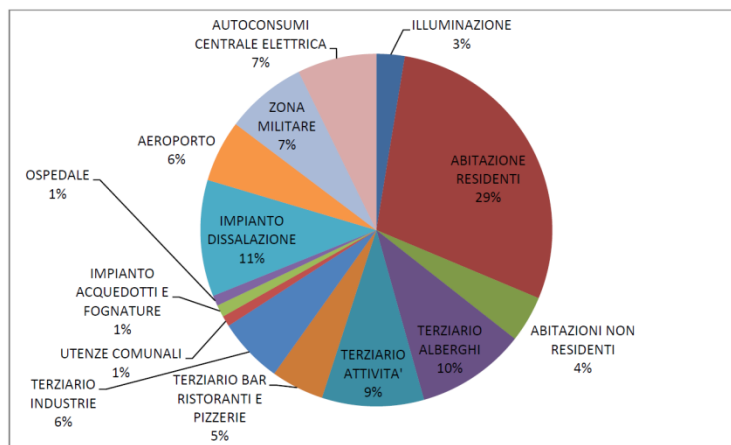


Figura 17. Estratto da PROGETTO B. Distribuzione percentuale dei vettori di consumo.

Le curve di carico orarie dell'illuminazione pubblica, degli impianti e delle utenze comunali nonché i dati di autoconsumo della centrale sono stati invece dedotti dall'analisi dei reali consumi annuali e adattati, laddove necessario, in base a specifiche considerazioni circa l'orario di accensione/spegnimento delle apparecchiature e alle annotazioni fatte durante i sopralluoghi. Similmente si è operato per le altre utenze per i quali sono stati ipotizzati dei profili giornalieri in base alla stagione tenendo presente la vocazione turistica dell'isola e i consumi finali caratteristici delle utenze. Il valore di domanda di energia cumulato per i 13 cluster è stato quindi usato come input in un modello di TRNSYS che ha permesso di simulare il comportamento energetico dell'intera isola tenuto conto dell'attuale sistema di produzione. Il modello è stato quindi validato in base al raffronto fra gli output di produzione e di consumo di carburante con i corrispettivi valori reali forniti dall'impresa elettrica. A partire dallo scenario base è stato quindi ipotizzata la realizzazione di una *smart grid* che sia in grado attraverso opportune modifiche alla rete di distribuzione in MT e BT di integrare un sistema di Generazione Diffuso da FER aumentando allo stesso tempo la consapevolezza del consumatore finale. Nello specifico si sono ipotizzati due scenari:

- **50% FER** raggiungibile al 2025 e composto da 1,4 MW di eolico a nord-ovest dell'isola in località Ponente; 2,5 MW di FV a terra lungo la costa a nord del centro abitato all'interno dell'ex-discarica; 3 MW di FV su copertura nel centro abitato¹;
- **100% FER, fossil free**, raggiungibile al 2035 introducendo: (i) due ulteriori impianti FV a terra per una potenza di 1,5 MW; (ii) un impianto da energia mareomotrice da 1 MW; (iii) impianti eolici off-shore da 1,5 MW.

Entrambi gli scenari si basano su un auspicabile nuovo quadro normativo che possa autorizzare gli impianti così come descritti. Essi inoltre prendono in considerazione la variazione della domanda negli anni dovuta alla riduzione dei vettori di consumi per opere di efficientamento, sia sul sistema in generale sia a livello di singola utenza. Per ciascun cluster la domanda energetica dello scenario base è stata quindi suddivisa per uso finale dell'energia rimodulando le curve di carico orarie dei giorni tipo e introducendo per ciascun uso finale un fattore di riduzione che tenga in considerazione: le migliori prestazioni delle apparecchiature e dei sistemi di climatizzazione, l'utilizzo di pannelli solari termici per la produzione di ACS, la sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a LED, nonché la fattibilità dell'intervento e la sua incidenza rispetto alle singole tipologie di utenze. I consumi annuali sono quindi ottenuti integrando le nuove curve orarie nell'arco dell'anno e introducendo un aumento endemico della domanda del 1% (Tabella 12). Le domande energetiche così stimate sono state utilizzate come input per un nuovo modello TRNSYS che include la produzione dalle fonti rinnovabili e che ha permesso di verificare gli scenari proposti.

Tabella 12. PROGETTO B. Riduzione dei consumi i risultati del progetto "Smart Island"

vettore energetico	intervento				scenario base [MWh/a]	riduzione 10°anno (2025)
	Solare termico per produzione ACS	sostituzione lampade con LED	sistemi climatizzazione più efficienti	apparecchiature elettriche più efficienti		
illuminazione pubblica		x			856	70%
abitazioni residenti;	x	x	x	x	9449	53%
abitazioni non res.	x	x	x	x	1414	53%
strutture ricettive	x	x	x	x	3321	50%
terziario		x	x		3098	31%
ristorazione		x	x		1606	21%
industrie		x		x	1977	27%
utenze comunali	x	x	x	x	323	54%
acquedotto e fognature				x	366	24%
dissalatore^(*)					3514	-
ospedale^(*)					313	-10%
aeroporto^(*)					1868	-10%
zona militare^(*)					2456	-10%
autoconsumo centrale elettrica					2400	30%

^(*) Per alcune utenze si stima un aumento del 10% per le loro peculiarità.

Il **PROGETTO C** "Efficientamento energetico isole minori non connesse al sistema elettrico nazionale" sviluppa infine uno studio di fattibilità per la realizzazione di una rete di teleriscaldamento/raffrescamento che sfrutti il calore di scarto dalla produzione elettrica in 12 isole italiane non connesse alla rete elettrica nazionale, fra cui la stessa Lampedusa. Lo studio condotto si è focalizzato sull'analisi della domanda distinguendo utenze residenziali e terziarie, che sono state opportunamente localizzate con un approccio metodologico di tipo GIS. Da un'analisi del territorio sono stati quindi individuate delle macroaree tenendo in considerazione le principali dorsali di una possibile rete di distribuzione, Figura 18. Il fabbisogno termico

¹ Si è tenuto conto l'attuale estensione della superficie lorda dei tetti introducendo un fattore di correzione che tenga conto dei possibili ombreggiamenti e della propensione della popolazione all'installazione di componenti impiantistici sulla propria copertura. Il 70% della superficie così ottenuta è stata destinata a FV e la restante parte a ST.

per climatizzazione e produzione di ACS è stato quindi analizzato per ciascun bacino distinguendo le utenze residenziali dalle utenze del settore terziario significative per il loro fabbisogno termico. Per le prime sono state svolte delle simulazioni in regime dinamico in EnergyPlus su un modello esemplificativo delle abitazioni isolate dedotto dai dati ISTAT. Considerato l'obiettivo dello studio, le utenze del settore terziario analizzate sono alberghi, scuole e aeroporto per le quali si è fatto riferimento a dati di letteratura elaborati in modo da meglio rappresentare l'andamento dei consumi dell'isola. Sono stati quindi ipotizzati due scenari per la rete; l'uno a "bassa ramificazione", volto a servire solo le grosse utenze del settore commerciale o terziario; l'altro ad "alta ramificazione", che tramite una rete molto più magliata possa distribuire il fluido vettore anche verso le utenze residenziali. Per entrambe tali ipotesi, si è separatamente considerata l'eventualità di alimentare solo le utenze riscaldamento ed ACS, o quella di distribuire un fluido a più alta temperatura così da consentire l'alimentazione on-site di gruppi ad assorbimento per il soddisfacimento di carichi frigoriferi. Una stima dei costi per le differenti componenti dell'impianto è quindi condotta distinguendo lo scenario in cui i costi di installazione delle sotto stazioni sono a carico dell'utente finale (ipotesi A), dallo scenario in cui tali costi sono a carico della società proprietaria/gestore della rete (ipotesi B). Lo studio ha dimostrato che per l'Isola di Lampedusa, solo nel caso vengano integrati nella stima economica eventuali proventi dalla vendita di certificati bianchi e dall'accesso ad un finanziamento pubblico, si conseguono condizioni di fattibilità economica dell'ipotesi progettuale.

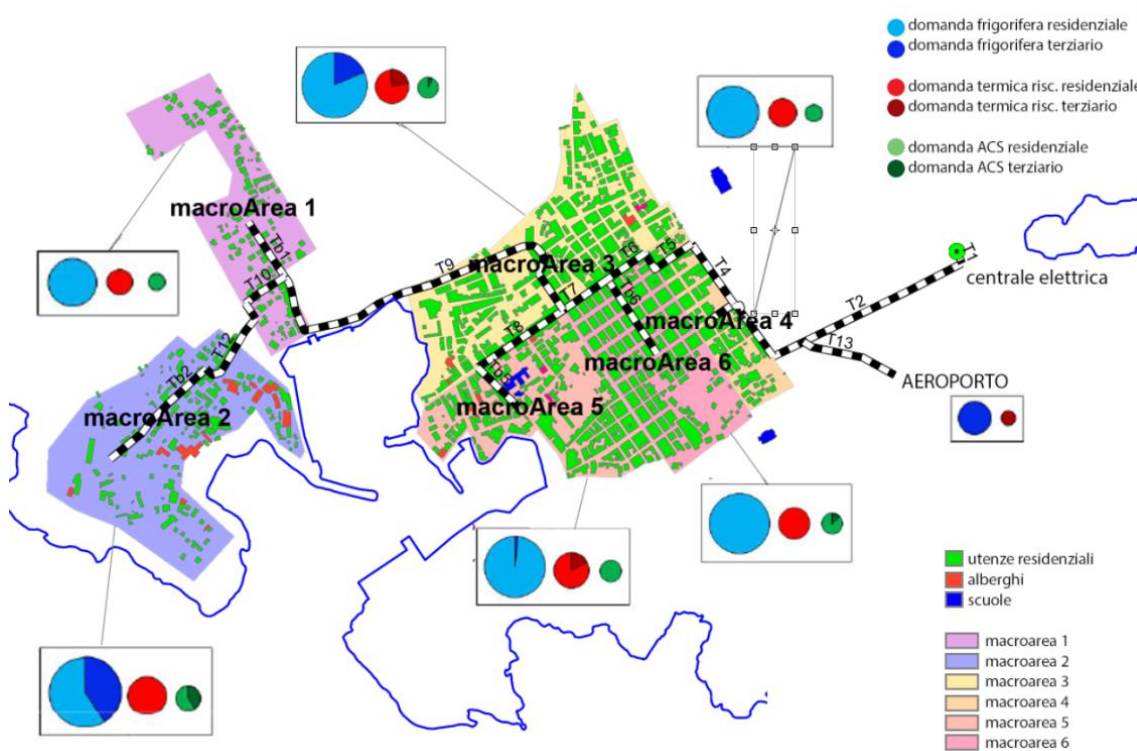


Figura 18. Estratto da PROGETTO C. Analisi del contesto: fabbisogno termico.

2.5 Obiettivi dello studio

I tre progetti citati nel paragrafo precedente hanno valutato la possibilità di efficientare il sistema energetico isolano attraverso l'introduzione di impianti di produzione da energia rinnovabile o il riutilizzo del calore di "scarto" della centrale attuale. L'approccio è in tutti i casi a scala "macro", includendo analisi di fattibilità e di impatto di interventi a scala territoriale, di rete e di infrastrutture energetiche. I risultati di questi lavori e le metodologie applicate (Tabella 3) sono stati considerati come la base della presente ricerca. Partendo dai dati e dai risultati di queste analisi, il presente lavoro si focalizza sulla valutazione di interventi puntuali sul lato della domanda e, in particolare, sulle tipologie di utenza più rappresentative del

contesto. Si tratta delle utenze residenziali e di quelle connesse all'attività turistica che nel totale sono responsabili di circa la metà dell'intero consumo dell'isola. L'idea di base è quella di individuare per ciascuna tipologia di utenza uno o più casi rappresentativi su cui svolgere, con il supporto di ENEA, analisi di maggior dettaglio mediante una raccolta di dati più puntuale, monitoraggi strumentali e, successivamente, dettagliate simulazioni energetiche. Il fine è quello di valutare e determinare le migliori soluzioni tecnologiche e strategie di riduzione dei consumi. I risultati sul caso rappresentativo saranno nelle annualità successive estesi al contesto territoriale al fine di valutare il loro impatto sul sistema energetico isolano nel suo complesso.

Alla luce del quadro normativo e dei vincoli paesaggistico/ambientali ci si è focalizzati sull'impiego di sistemi impiantistici non particolarmente invasivi che abbiano comunque una spiccata efficacia nella riduzione del consumo di energia elettrica per alcuni usi finali, non convenienti sia dal punto di vista economico che strettamente energetico. Si sono quindi indagate tecnologie che utilizzano l'energia solare (sia termica che fotovoltaica) per la climatizzazione, la produzione di ACS e l'alimentazione di altre utenze. Un ruolo fondamentale sarà svolto dalla building automation e della sua integrazione con l'impiantistica dell'edificio e, in futuro, con la rete elettrica per la quale è da applicare la logica delle smart grid. Anche in questo caso, si auspica quindi un quadro normativo che possa aprirsi verso le nuove tecnologie mirando all'integrazione fra le necessità energetiche e gli aspetti di salvaguardia del territorio dal punto di vista architettonico, paesaggistico e ambientale. Si quindi svolto un accurato studio sull'applicabilità delle tecnologie BAC presso le singole utenze e sugli effetti che queste possono indurre sulla riduzione dei consumi anche in virtù di una maggiore consapevolezza del consumatore.

Tabella 23. Sintesi dello stato dell'arte delle ricerche sull'isola di Lampedusa.

	Obiettivi/Risultati	Metodo	Note
a	Ottimizzazione di un sistema integrato di produzione: generatore diesel, eolico, fotovoltaico. Fra gli scenari analizzati, il miglior risultato in termini di penetrazione delle FER si ha per lo scenario che include sia il FV installati sulle coperture sia 4 turbine eoliche.	Domanda/produzione: simulazioni orarie, (Homer PRO©) Domanda elettrica: 1. La domanda attuale è stimata in base ai dati di consumo per il 2013 e ai dati di letteratura 2. si prevede uno scenario di efficientamento impiantistico per le utenze stimato a partire dallo stato attuale tenuto conto della maggiore efficienza delle nuove apparecchiature.	- è finalizzato a ottimizzare un sistema di produzione elettrico che integri FER con la produzione termoelettrica. - nell'approfondimento sulla riduzione dei consumi traslascia le analisi delle utenze non domestiche. - la localizzazione degli impianti si basa su una stima di massima della superficie di tetti disponibili per l'installazione dell'impianto FV diffuso e sull'analisi dei venti per la realizzazione dell'impianto eolico.
b	Studio degli scenari 50% e 100% FER che includono: FV sulle coperture, impianto eolico e FV a terra, impianto eolico off-shore e impianto da energia mareomotrice.	Domanda/produzione: simulazioni orarie (TRNSYS) Domanda elettrica: - la domanda elettrica per le utenze residenziali è valutata su un modello di utenza tipo in EnergyPlus - la domanda elettrica delle altre utenze si basa su dati derivati dai sopralluoghi incrociati con dati di consumo e letteratura - si prevede uno scenario di efficientamento impiantistico per le utenze stimato a partire dallo stato attuale e dai dati di letteratura	- è finalizzato a verificare le opzioni 100% e 50% FER che prendono in considerazione i prevedibili consumi nei futuri decenni inclusa la mobilità elettrica; - gli scenari si basano su un auspicabile nuovo quadro normativo che possa autorizzare gli impianti di grosse dimensioni; sono quindi inclusi oltre impianto FV diffuso sui tetti dell'abitato anche impianti FV a terra, eolici sia a terra sia off-shore e impianti da energia mareomotrice.

c	Studio di fattibilità di realizzazione di una rete di teleriscaldamento/raffrescamento. Solo nel caso vengano integrati nella stima economica provenienti dalla vendita di certificati bianchi e dall'accesso ad un finanziamento pubblico, si conseguono condizioni di fattibilità economica dell'ipotesi progettuale.	Domanda/produzione: valutazione di fattibilità tecnico/economica	<p>- si focalizza sulla distribuzione di energia prettamente termica</p> <p>- sono valutate solo utenze termicamente significative (residenze, alberghi, aeroporto, scuole) per le quali, in accordo con l'obiettivo della ricerca, non si è previsto uno scenario di efficientamento.</p>
		Domanda elettrica: - il fabbisogno termico per le utenze residenziali è valutata su un modello di utenza tipo in EnergyPlus - la domanda elettrica per alberghi, aeroporto, scuole si basa sulla rielaborazione di dati di letteratura in funzione delle caratteristiche delle utenze isolate	

3 Il parco edilizio dell'isola di Lampedusa

3.1 Individuazione delle tipologie di edifici e criteri di scelta dell'edificio tipo

L'edificio residenziale di riferimento è stato scelto sulla base dell'analisi dei dati statistici, attualmente disponibili e aggregati per comune, rilevati dall'ISTAT nel 2001 e 2011. Si fa presente a tal proposito che l'incremento fra il numero di edifici presenti al 2001 e quelli presenti al 2011 è del 2%, pertanto è possibile utilizzare i dati di entrambi i censimenti senza pregiudicare l'accuratezza della descrizione. Da una prima analisi dei dati si evince che la popolazione residente nell'isola al 2015 è 6590 abitanti ed occupa il 44% del totale delle abitazioni (5190). Si nota inoltre che la superficie totale delle abitazioni è di 230816 m².

Nello specifico sono poi state prese in considerazione le seguenti variabili:

1. edifici residenziali per tipo di materiale, 2001
2. abitazioni per tipo di località abitata, 2001
3. edifici residenziali per numero di interni, 2011
4. edifici residenziali per numero di piani fuori terra, 2011
5. abitazioni occupate da residenti per numero di stanze, 2011
6. edifici residenziali per epoca di costruzione, 2011.

CRITERIO 1. La maggior parte degli edifici è stato realizzato in muratura portante (Figura 19) e ricade all'interno dei centri urbani o nuclei abitati. Intendendo con centri urbani gli agglomerati di case continui caratterizzati dall'esistenza di servizi od esercizi pubblici e luoghi di aggregazione in modo da manifestare l'esistenza di una forma di vita sociale coordinata dal centro stesso. Mentre il nucleo abitato è definito come una *“località abitata, priva del luogo di raccolta che caratterizza il centro abitato, costituita da un gruppo di case contigue e vicine, con almeno cinque famiglie, con interposte strade, sentieri, piazze, aie, piccoli orti, piccoli incolti e simili, purché l'intervallo tra casa e casa non superi trenta metri e sia in ogni modo inferiore a quello intercorrente tra il nucleo stesso e la più vicina delle case manifestamente sparse”* (da glossario ISTAT).

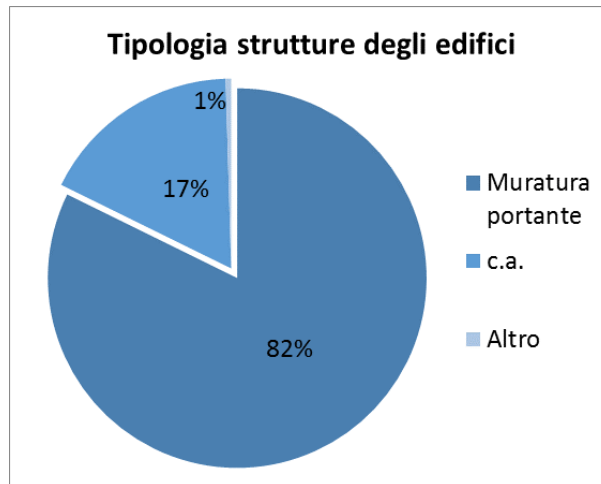


Figura 19. Tipologia strutture degli edifici.

CRITERIO 2. Dal raffronto fra le variabili 2 e 3 in Figura 20, si può supporre che le abitazioni si sviluppino quasi sempre su un unico livello verificandosi una coincidenza fra il numero di piani fuori terra per edificio e il numero di interni per edificio. Inoltre, le tipologie più diffuse sono quella a 1 e 2 piani fuori terra, rispettivamente 59% e 31% del totale degli edifici residenziali. Inoltre, considerando la variabile che classifica le abitazioni occupate da residenti per numero di stanze è possibile ricavare una superficie media per tipologia di abitazione attraverso:

S = tot sup delle abitazioni occupate da residenti
 n = numero di stanze
 N_n = numero abitazioni per numero di stanze
 $N_{tot} = \sum N_n n$
 $S_{ms} = \text{superficie media di una stanza} = S/N_{tot}$
 $S_{ab,n} = S_{ms} * n$

La tipologia più diffusa di abitazione comprende fra le 3 e le 5 stanze con una superficie lorda fra 78 e 130 m² (Figura 20).

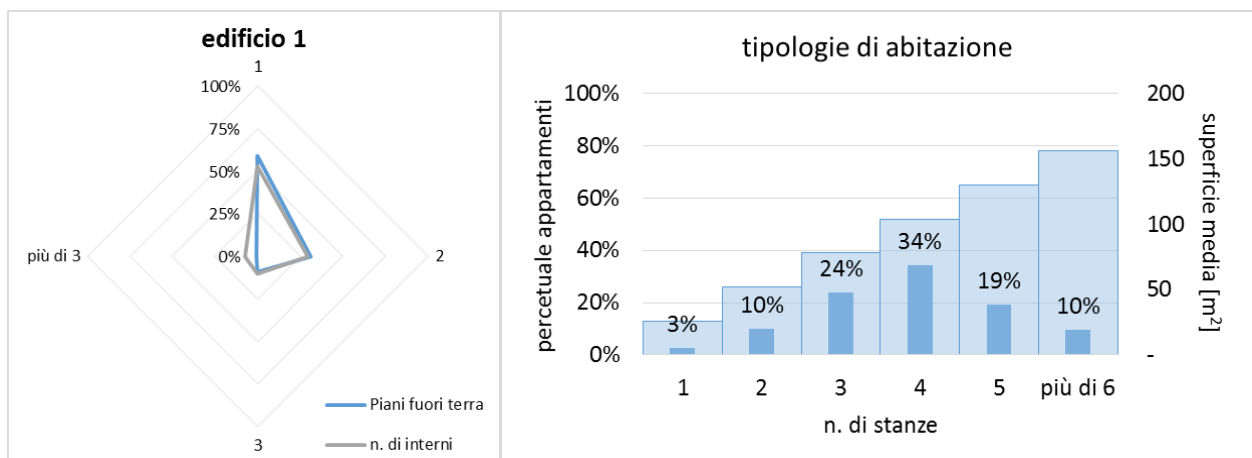


Figura 20. Tipologie di abitazione.

CRITERIO 3.

L'epoca di costruzione è un dato utile ad identificare in linea di massima le caratteristiche dell'involucro edilizio più comuni nel parco edilizio isolano. Al 2011 il censimento delle abitazioni e degli edifici riporta una distribuzione del parco edilizio a seconda dell'epoca di costruzione così come rappresentato in Figura 21.

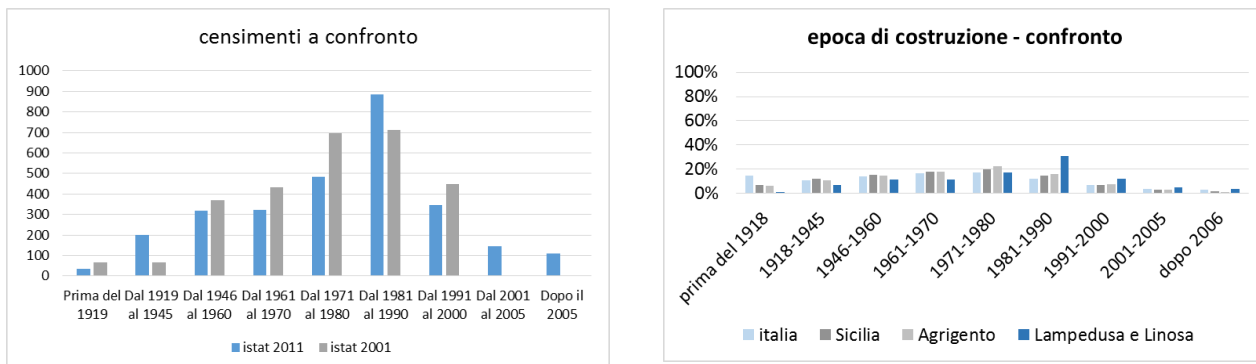


Figura 21. Distribuzione del parco edilizio a seconda dell'epoca di costruzione.

Tali dati dimostrano un elevato numero di edifici realizzati fra il 1981-1990 in controtendenza con la media nazionale, regionale e provinciale. Si precisa che il rilevamento di questi dati a partire dal 2001 è affidato agli uffici tecnici comunali in base agli atti autorizzativi rilasciati. In questo senso, si deve tener presente la concomitanza delle leggi di sanatoria introdotte a partire dagli anni '80: L. 47/85, L. 24/94 e L. 326/03. I dati raccolti dall' Osservatorio dell'abusivismo edilizio e sanatorie a scala regionale [13] rivelano infatti per il Comune di Lampedusa un totale di circa 2800 pratiche presentate al 31/12/2009 con principale riferimento alla legge del 1985 e alla legge del 1994. Di queste circa la metà, secondo media regionale, concerne istanze relativi ad abusi con aumento di volumetria. Il dato del censimento relativo ai decenni 1981-1990 e 1991-2000 può quindi risentire di tale circostanza. Tale condizione viene ribadita raffrontando i dati dei due censimenti per la variabile "epoca di costruzione", Figura 21. Si nota infatti come nel censimento del 2001 le costruzioni realizzate nelle diverse epoche sono sempre inferiori in valore assoluto rispetto a quelle individuate nel 2011.

Considerata quindi anche l'evoluzione normativa in ambito di certificazione energetica e di detrazioni fiscali ai fini del risparmio energetico che hanno influenzato le modalità costruttive imponendo dei limiti di legge per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni con riferimento ai componenti dell'involucro e alle classi energetiche, si ritiene quindi utile raggruppare gli edifici nel seguente modo:

- edifici fino al 1945, 7%
- edifici realizzati fra il 1946 e il 2000, 75%
- edifici realizzati dal 2001 al 2011 (anno del censimento), 18%.

Seguendo tale suddivisione in Figura 22 si riporta la distribuzione della tipologia strutturale in funzione dell'epoca di costruzione.

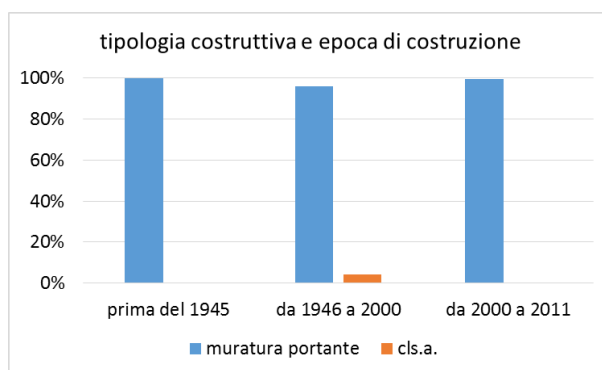


Figura 22. Tipologia costruttiva e epoca di costruzione.

CRITERIO 4. Si è, infine, presa in considerazione la destinazione d'uso e le caratteristiche del nucleo familiare. Si è innanzitutto distinto fra utenze residenziali e utenze del settore terziario. Fra le utenze residenziali si è quindi dato precedenza a quelle in cui risiedono nuclei familiari con numero di componenti compresi fra 1 e 3 (corrispondente al 71% dei nuclei presenti nell'isola). Fra le utenze del settore terziario si è, infine, scelto di distinguere attività alberghiere dalle restanti in relazione ai diversi profili di carico che questi comportano.

3.2 Sopralluoghi, monitoraggi e schede di indagine

Per la determinazione delle caratteristiche delle utenze isolate è stato effettuato un'indagine sulla base di un questionario appositamente strutturato per il presente progetto e riportato in Appendice 1. L'idea è stata quella di individuare, seguendo i criteri precedenti, un campione di utenti da analizzare al fine di caratterizzare per ciascuna destinazione d'uso i consumi sulla base dei seguenti elementi:

- Numero di occupanti dell'edificio;
- Numero di camere e numero di posti letto nel caso di utenze alberghiere;
- Caratteristiche della tensione di alimentazione (livello di tensione BT o MT, potenza contrattuale);
- Caratteristiche dell'involucro edilizio;
- Caratteristiche dell'impianto di produzione dell'ACS;
- Caratteristiche dell'impianto HVAC;
- Tipologia di carichi elettrici e numerosità;
- Presenza e caratteristiche dei generatori da fonte rinnovabile;
- Tipologia di sistemi BAC o TBM;
- Presenza di specifici impianti tecnologici (rivelazione incendi, frigoriferi, cucine industriali, idrico antincendio, etc.).

In totale sono stati contattati circa 50 utenti ma soltanto 22, quasi equamente distribuiti tra i settori domestico, alberghi e commerciale/terziario, hanno aderito al censimento (Figura 23). Il gruppo di ricerca, in collaborazione con ENEA, ha quindi effettuato i sopralluoghi presso queste utenze e assistito i proprietari alla compilazione del questionario stesso. Allo stesso tempo si è preso contatto con il fornitore locale di energia elettrica (S.E.L.I.S) che in seguito ha fornito, per le utenze che rilasciavano la loro autorizzazione, i dati di consumo per il 2015.

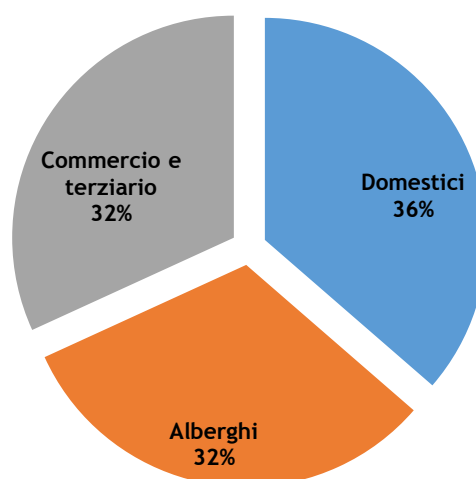


Figura 23 – Distribuzione degli utenti che hanno aderito all'indagine.

Durante i sopralluoghi è stato quindi possibile individuare le utenze (Figura 24) che fossero di maggiore interesse per le quali predisporre un monitoraggio:

- Utente residenziale in appartamento all'interno del nucleo urbano

- Villetta isolata all'esterno nel nucleo urbano
- Struttura alberghiera



Figura 24. Collocazione delle utenze individuate nel territorio.

Le misure si sono effettuate per mezzo di strumentazione installata in loco dagli ingegneri dell'ENEA. La strumentazione, per il cui dettaglio si rimanda pertanto al rapporto ENEA, è stata installata a partire da giugno 2016 presso le due utenze residenziali citate e a partire da aprile 2016 presso l'utenza alberghiera scelta.

3.3 Descrizione degli edifici scelti

3.3.1 Utenza residenziale in appartamento all'interno del nucleo urbano

L'utenza oggetto di studio si trova al piano terra di una palazzina su due elevazioni ed è abitata da due residenti che vivono e lavorano stabilmente a Lampedusa.

La struttura è stata scelta in base alle sue caratteristiche costruttive e alla sua dotazione impiantistica che ben rappresentano il parco edilizio del nucleo urbano. Si tratta di una palazzina in centro storico in muratura portante realizzata con pietra locale e inserita in un complesso a schiera di palazzine di identiche caratteristiche. Dal punto di vista impiantistico, la climatizzazione è affidata ad un sistema monosplit collocato nella zona giorno mentre la produzione di ACS avviene esclusivamente per mezzo di uno scaldabagno elettrico da 80 litri. Al di là delle caratteristiche costruttive e impiantistiche, l'organizzazione del quadro elettrico ha reso di particolare interesse il monitoraggio di questa utenza, Figura 25.



Figura 25. Quadri elettrici dell'abitazione e sistema di monitoraggio installato.

Infatti, a partire dal contatore monofase, installato in un apposito vano portacontatori, l'abitazione viene alimentata da un quadro elettrico generale il quale a sua volta alimenta un secondo sottoquadro da cui è derivata, attraverso un apposito interruttore, l'alimentazione dello scaldabagno elettrico (Figura 25). Nelle foto riportate in Figura 25 è mostrato anche il sistema di monitoraggio installato nei due quadri elettrici dell'abitazione al fine di rilevare: il consumo totale dell'appartamento e il consumo dovuto allo scaldabagno elettrico, utili per la successiva fase di definizione degli interventi di efficientamento.

3.3.2 Villetta isolata all'esterno del centro urbano

La seconda utenza di recente costruzione si sviluppa su un unico livello e si articola su due plessi separati: l'abitazione principale di circa 120m² stabilmente occupata dai due proprietari e un monolocale di circa 40m² occupato saltuariamente. L'attività svolta dai proprietari (e di conseguenza lo stile di vita che influenza i consumi) è strettamente connessa con le attività turistiche. I due plessi differiscono a livello impiantistico, solo l'abitazione principale è climatizzata attraverso due sistemi split, uno installato nella zona giorno e l'altro nella zona notte; mentre la produzione ACS è esclusivamente affidata ad uno scaldabagno elettrico da 50 litri e uno da 20 litri. La Figura 26 mostra l'unico quadro elettrico della villetta.



Figura 26. Quadri elettrici della villetta.

3.3.3 Struttura alberghiera

La struttura alberghiera è una struttura a 4 stelle con una capienza di 44 Posti Letto (PL) distribuiti su 23 camere. L'edificio recentemente ristrutturato si sviluppa su due livelli fuori terra. Si tratta, rispetto all'analisi del campione di alberghi, di una soluzione singolare che merita un approfondimento al fine di focalizzarsi sulla integrazione impiantistica delle fonti rinnovabili e sull'efficiamento dei restanti consumi. L'albergo è infatti dotato di una Pompa di Calore, installata all'esterno e utilizzata per soddisfare sia il fabbisogno per la climatizzazione sia il fabbisogno per l'ACS (Figura 27). L'utenza inoltre dispone di due contatori, l'uno dedicato alla pompa di calore l'altro destinato a tutti i restanti consumi elettrici (illuminazione, apparecchiature, ecc.); questa circostanza permette di distinguere le strategie di efficientamento.



Figura 27 Pompa di Calore a servizio dell'albergo e quadro elettrico

4 La rete elettrica dell'isola di Lampedusa

4.1 Premessa

Scopo del presente capitolo è descrivere il sistema di generazione e distribuzione dell'energia elettrica dell'isola di Lampedusa. L'analisi del sistema esistente è stata condotta con lo scopo di individuare quali sono le caratteristiche del sistema di generazione e distribuzione dell'energia elettrica che hanno maggiore influenza sulla qualità della tensione, sulle perdite di energia attiva durante il processo di generazione e sulla rete e, in generale, sul rendimento energetico del sistema.

I risultati dello studio condotto hanno indirizzato le scelte effettuate nei capitoli successivi e legate:

- all'individuazione degli interventi di efficientamento da implementare presso le utenze isolate;
- alla definizione delle logiche di controllo per implementazione di logiche di DR dei carichi elettrici singoli ed aggregati;
- alla definizione dell'architettura e delle caratteristiche del sistema ICT e del sistema di monitoraggio, automazione e controllo di carichi, generatori e sistemi di accumulo dell'isola.

Per questioni di riservatezza aziendale i nomi reali delle cabine di distribuzione MT/BT della rete non sono riportati nei successivi paragrafi.

Le cabine sono quindi identificate attraverso un codice univoco del tipo:

CAB.X.Y

dove **X** è un numero compreso tra 1 e 4 che indica il feeder MT che alimenta la cabina ed **Y** è un numero che identifica univocamente la cabina alimentata dal feeder X.

4.2 Descrizione della centrale elettrica

La centrale elettrica dell'isola di Lampedusa è del tipo termoelettrico ed è ubicata in Contrada Cala Pisana alle coordinate 35°30'38"N 12°37'13"E.

La centrale accoglie n. 8 gruppi di generazione di diversa taglia e con diversa tensione di uscita, per una potenza complessiva di 22,5 MW. In Tabella 4 sono riportate le delle caratteristiche nominali dei gruppi di generazione. Il combustibile adoperato è il gasolio a basso contenuto di zolfo.

Tabella 4. Elenco dei gruppi di generazione con relative potenze elettriche.

Gruppo	P_N [kW]
G1	4100
G2	1328
G3	1470
G4	2800
G5	1893
G6	2998
G7	2935
G8	5040

Fino ai primi anni 2000 la potenza complessivamente installata in centrale era di circa 11 MVA. Nel 2005 la S.EL.I.S. è stata autorizzata dall'Assessorato Industria della Regione Sicilia [15] ad installare il gruppo elettrogeno da 5040 kW (5500 kVA – 5040kW), avente la funzione principale di integrare gli altri gruppi

nelle ore in cui si richiede una maggiore erogazione di energia elettrica. Negli ultimi 10 anni sono stati aggiunti altri due gruppi di produzione e attualmente la potenza installata in centrale è pari a circa 22,5 MVA.

Il ciclo di generazione e distribuzione di energia elettrica è continuo (24/24 h) e senza interruzioni durante l'intero anno; i gruppi elettrogeni funzionano a rotazione in funzione della domanda di energia elettrica richiesta dalle utenze dell'isola e delle relative fermate dovute a manutenzioni programmate e/o avarie. Ciascun gruppo è tarato per funzionare generalmente intorno al 65%-80% della potenza elettrica di targa. Il sistema di raffreddamento dei gruppi elettrogeni fa uso di torri evaporative.

La Tabella 5 e la Tabella 6 mostrano un esempio della produzione oraria e del ciclo di lavoro di ciascuno degli otto gruppi in una generica settimana estiva ed invernale, rispettivamente. Più precisamente, durante la stessa settimana i diversi gruppi si alternano (ad esempio il gruppo G6, indicato non operativo nelle tabelle nei giorni presi a riferimento, può essere utilizzato al posto del gruppo G7 il giorno successivo).

La Figura 28 mostra lo schema semplificato di uno degli otto gruppi di generazione.

Il consumo totale di carburante dell'isola è pari a circa 7900 Ton/anno, distribuite come rappresentato nel grafico in Figura 29.

Tabella 5 . Utilizzazione dei gruppi di produzione in una settimana tipo estiva.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G1																								
G2																								
G3			0,9	0,9			0,9												0,9			0,9	0,9	
G4	2	2	2	2	2	2	2														2	2		2
G5	1,2																							1,2
G6																								
G7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
G8									3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4,2	4,2	3,9	3,9	3,9	

Tabella 6. Utilizzazione dei gruppi di produzione in una settimana tipo invernale.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G1							3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	2,7	
G2																								
G3		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
G4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9																		1,9
G5	1,1																	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,2
G6																								
G7																								
G8																								

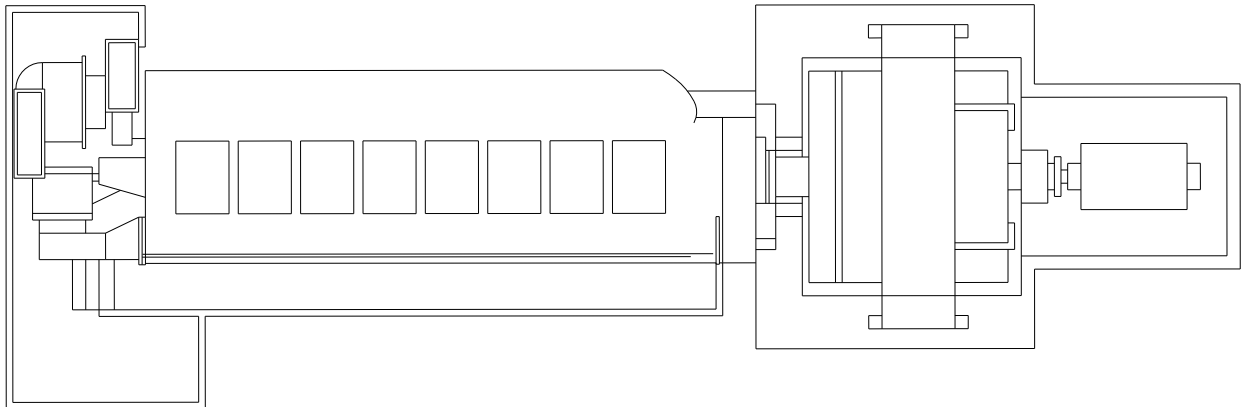


Figura 28. Schema semplificato di un gruppo di generazione.

Come si evince dal grafico in Figura 29, il massimo dei consumi si ha durante il mese di agosto, che è il mese di maggior afflusso turistico, mentre il minimo si riscontra nel mese di novembre quando l'afflusso di turisti è minimo e gli impianti di riscaldamento non sono stati ancora attivati grazie alla temperatura ancora mite del periodo. Il rapporto tra i consumi nel mese di agosto e nel mese di novembre è circa 1,9.

L'approvvigionamento del gasolio avviene attraverso navi cisterna.

I principali svantaggi dell'utilizzo dei generatori diesel risiedono nell'elevato impatto ambientale di questa tecnologia in termini di emissioni in atmosfera, emissioni di rumore ed elettromagnetiche.

In Figura 30 è riportata la produzione di energia elettrica mese per mese. Anche in questo caso si nota come il grafico mostra il suo massimo ad agosto e il minimo a novembre. Il rapporto tra la produzione nel mese di agosto e nel mese di novembre è pari a 1,96.

All'interno della centrale è presente un reparto denominato "cabina di trasformazione" all'interno del quale dei trasformatori provvedono a riportare i differenti livelli di tensione in uscita dagli alternatori al valore nominale di 10 kV, che è il livello di tensione con il quale viene esercitata la rete MT.

Come indicato in Figura 31, la centrale è posizionata in prossimità del baricentro elettrico dell'isola, nei pressi del centro urbano e dell'aeroporto.

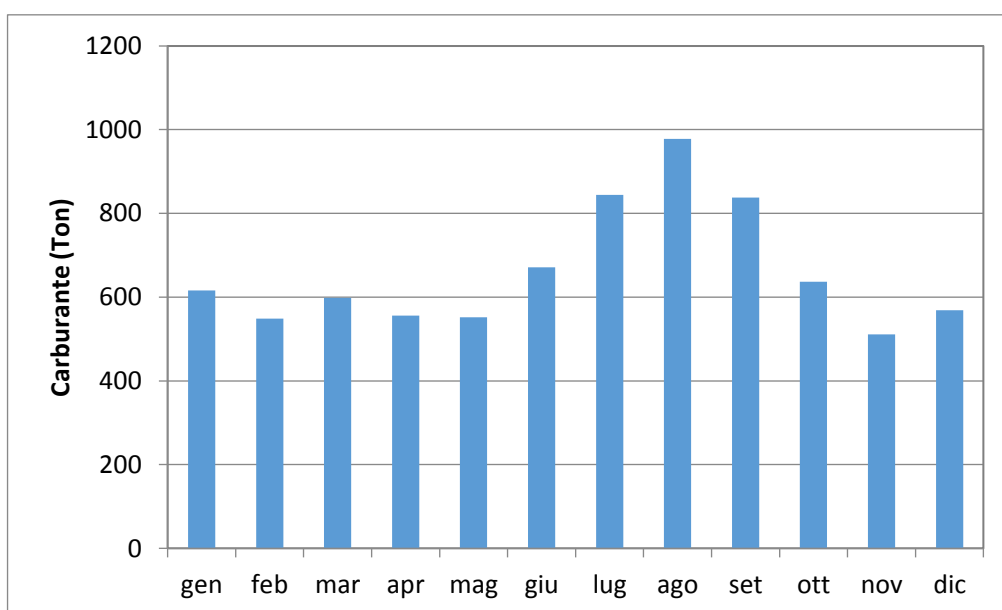


Figura 29. Consumi di carburante medi per ogni mese.

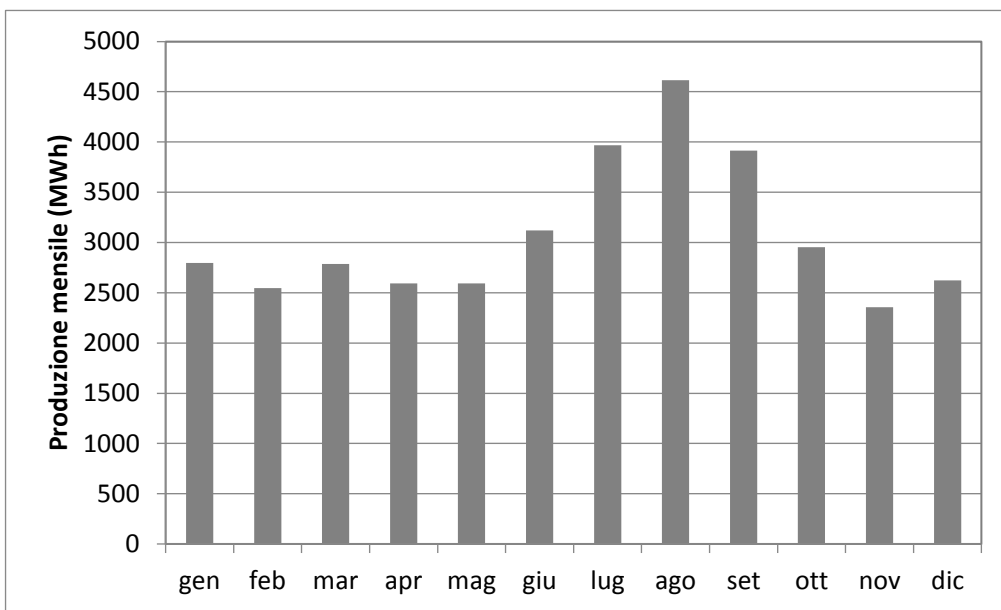


Figura 30. Produzione mensile di energia elettrica.

I consumi elettrici di centrale sono in media 2250 MWh/anno.

Oltre alla centrale termoelettrica di Cala Pisana sono presenti altre piccole unità di generazione distribuita collegate alla rete di bassa tensione. La potenza nominale complessiva delle unità di generazione installate è poco significativa e ammonta, secondo gli ultimi rilievi, a 63,28 kW [16].



Figura 31. Ubicazione della centrale termoelettrica S.E.L.I.S. in relazione ai carichi elettrici prevalenti (centro urbano ed aeroporto).

4.3 Descrizione delle reti di distribuzione MT e BT

La rete di distribuzione dell’energia elettrica dell’isola presenta due soli livelli di tensione: 10kV per la distribuzione in MT e 0,4 kV per la distribuzione in BT.

Dalla centrale di contrada Cala Pisana ha origine la rete di distribuzione pubblica in MT a 10 kV. La rete, rappresentata in Figura 32, consta di 69 nodi di cui 52 sono nodi di carico (cabine MT/BT) e 17 sono nodi di smistamento o derivazione.

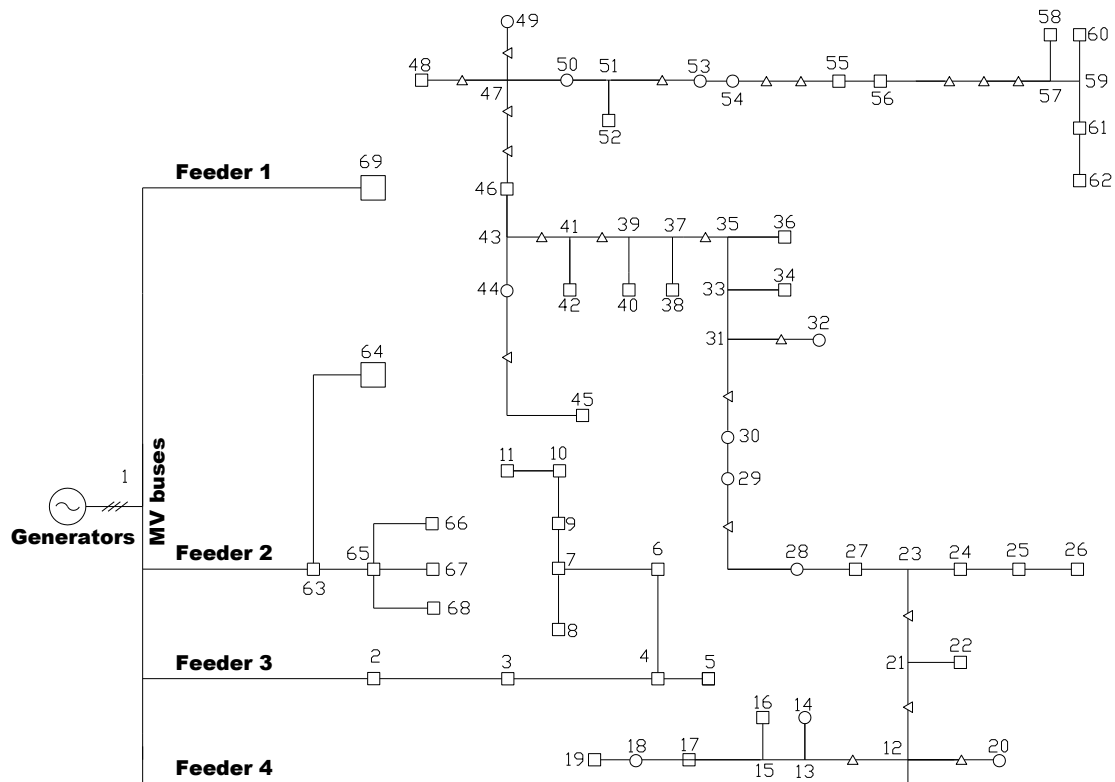


Figura 32. Schema unifilare della rete MT dell'isola di Lampedusa.

I 52 nodi di carico sono così suddivisi:

- 39 cabine in muratura;
- 13 posti di trasformazione da palo.

Una lista delle cabine e delle potenze installate è riportata in Tabella 7. Nella tabella con M sono indicate le cabine in muratura e con P i posti di trasformazione da palo.

La struttura della rete è del tipo radiale, classicamente utilizzata per le reti MT in aree rurali o, più in generale, nei territori a bassa densità di carico elettrico [17].

Le cabine in muratura sono prevalentemente a giorno, alcune su due piani con la classica disposizione che prevede al piano terra il trasformatore MT/BT in olio e le apparecchiature BT (Figura 33) e al piano primo le apparecchiature MT (Figura 34 e Figura 35).

La rete MT viene esercita a neutro isolato in modalità radiale con n.4 feeder, comandando l'apertura dei sezionatori in corrispondenza delle cabine CAB.3.5, CAB.3.6 e CAB.3.8 (chiusi nel periodo invernale).

Il feeder 1 è dedicato all'alimentazione del dissalatore. I restanti 68 nodi sono suddivisi tra i feeder 2, 3 e 4.

Il feeder 1, 2 e 3 sono realizzati in cavo interrato e si sviluppano prevalentemente all'interno del centro abitato. Il feeder 4 raggiunge le zone periferiche dell'isola percorrendo l'intero territorio da Est a Ovest e risultando quello che nel complesso presenta la lunghezza maggiore. Esso è realizzato in cavo ma presenta alcuni tratti in linea aerea.

I feeder sono realizzati con cavi del tipo *RG7H1RX 12/20 kV*, rappresentati in Figura 36 e le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 8 e nella Tabella 9. La sezione prevalentemente usata è 95 mm^2 , solo brevi tratti sono realizzati con sezione 50 mm^2 e 25 mm^2 . I tratti in linea aerea sono realizzati con conduttori di rame in treccia di sezione 35 mm^2 le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 10.

Dalle cabine di distribuzione ha origine la rete BT a 400V. La rete è interamente in cavo e consente di alimentare tutti gli utenti attivi e passivi dell'isola in accordo alle prescrizioni della norma CEI 0-21 [18].



Figura 33. Trasformatore in olio 10/0,4 kV/kV all'interno di una cabina di distribuzione SE.LI.S.



Figura 34. Derivazione in cavo MT da sbarre a 10kV all'interno di una cabina di distribuzione SE.LI.S.



Figura 35. Interruttori MT in aria a 10kV all'interno di una cabina di distribuzione SE.LI.S.

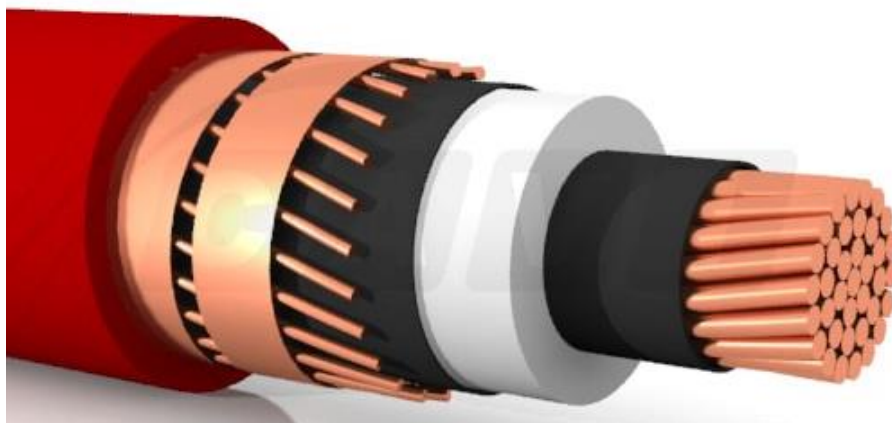


Figura 36. Cavo unipolare RG7H1R 12/20 kV.

Tabella 7. Elenco delle cabine secondarie dell'isola.

NOME CABINA	TIPO	POTENZA (kVA)	TRASFORMATORI
CAB.1.1	M	1200	2 x 600
CAB.2.1	M	1000	2 x 500
CAB.2.2	M	565	1 x 250 + 1 x 315
CAB.2.3	M	1000	2 x 500
CAB.2.4	M	800	2 x 400
CAB.2.5	M	660	1 x 500 + 1 x 160
CAB.2.6	M	1000	2 x 500
CAB.2.7	M	500	1 x 500
CAB.3.1	M	100	1 x 100
CAB.3.2	P	100	1 x 100
CAB.3.3	M	400	1 x 400
CAB.3.4	M	500	1 x 500
CAB.3.5	M	1000	2 x 500
CAB.3.6	M	1000	1 x 1000
CAB.3.7	M	250	1 x 100
CAB.3.8	M	1000	1 x 1000
CAB.3.9	M	250	1 x 250
CAB.4.1	M	100	1 x 100
CAB.4.2	M	250	1 x 250
CAB.4.3	M	50	1 x 50
CAB.4.4	M	250	1 x 250
CAB.4.5	M	250	1 x 250
CAB.4.6	M	160	1 x 160
CAB.4.7	M	250	1 x 250
CAB.4.8	M	50	1 x 50
CAB.4.9	M	250	1 x 250
CAB.4.10	M	250	1 x 250
CAB.4.11	P	100	1 x 100
CAB.4.12	P	250	1 x 250
CAB.4.13	P	50	1 x 50
CAB.4.14	M	160	1 x 160
CAB.4.15	P	100	1 x 100
CAB.4.16	P	100	1 x 100
CAB.4.17	M	160	1 x 160
CAB.4.18	M	400	1 x 400
CAB.4.19	P	100	1 x 100
CAB.4.20	P	50	1 x 50
CAB.4.21	P	100	1 x 100
CAB.4.22	P	50	1 x 50
CAB.4.23	P	100	1 x 100
CAB.4.24	M	250	1 x 250
CAB.4.25	P	50	1 x 50
CAB.4.26	P	50	1 x 50
CAB.4.27	P	100	1 x 100
CAB.4.28	P	100	1 x 100
CAB.4.29	P	40	1 x 40
CAB.4.30	M	250	2 x 250
CAB.4.31	P	100	1 x 100
CAB.4.32	M	250	1 x 250
CAB.4.33	P	160	1x160
CAB.4.34	M	250	1x250

Tabella 8. Caratteristiche geometriche dei cavi Pirelli RG7H1RX 12/20 kV.

Sezione nominale [n°*mm ²]	Diametro conduttore [mm]	Spessore isolante [mm]	Diametro esterno max [mm]	Sezione nominale dello schermo [mm ²]	Peso del cavo [kg/km]	Raggio minimo di curvatura [m]
3x(1x25)	6,0	5,5	27,8	10,0	870	0,36
3x(1x50)	8,2	5,5	29,0	14,0	1080	0,38
3x(1x95)	11,6	5,5	33,1	17,2	1640	0,43

Tabella 9. Caratteristiche elettriche dei cavi Pirelli RG7H1RX 12/20 kV.

Sezione nominale [n°*mm ²]	Capacità singola [μF/km]	Resistenza elettrica a 20°C [Ω/km]		Posa in aria [A]		Posa interrata [A]			
		conduttore	schermo	A trifoglio	In piano	Rt=100°C cm/W		Rt=200°C cm/W	
						A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano
3x(1x25)	0,20	0,920	1,565	176	157	158	152	123	118
3x(1x50)	0,27	0,491	1,285	255	228	224	216	172	166
3x(1x95)	0,34	0,247	1,045	390	346	328	316	249	241

Tabella 10. Caratteristiche della linea aerea.

Sezione nominale [mm ²]	Formazione n° fili per il diametro [mm]	Sezione teorica della corda [mm ²]	Diametro della corda [mm]	Peso teorico [kg/km]	Carico di rottura minimo [kg]	Resistenza elettrica teorica a 20°C [Ω/km]	Reattanza [Ω/km]
35	7x2,52	34,91	7,55	316,6	1260	0,5192	0,347

La rete di distribuzione BT dell'isola alimenta utenze monofasi e trifasi con potenza massima disponibile in prelievo fino a 100 kW (generalmente non superiore a 80kW). Gli utenti domestici vengono alimentati con fornitura monofase fino a 6 kW o, in alcuni casi, 10 kW in accordo alla Norma CEI 0-21.

Le linee all'interno del centro urbano sono in cavo interrato e, più frequentemente, aereo (Figura 37), mentre all'esterno del centro urbano si trovano ancora alcune linee in conduttori nudi aeree (Figura 38).



Figura 37. Particolare di linea in cavo aereo BT all'interno del centro urbano di Lampedusa.

La rete di distribuzione BT ha la classica struttura radiale con cassette di sezionamento stradali che in alcuni casi consentono, in caso di guasto o manutenzione su una linea BT, di rialimentare alcuni carichi da una linea diversa (Figura 39).



Figura 38. Particolare di linea con conduttori di rame nudo aerei in BT nella zona centrale dell'isola di Lampedusa a NORD-OVEST rispetto al centro abitato.



Figura 39. Cassetta di derivazione stradale in una via del centro urbano di Lampedusa.

5 Utenze elettriche

5.1 Premessa

Nel presente capitolo vengono descritte le caratteristiche elettriche delle utenze presenti nell'isola di Lampedusa. Lo studio ha permesso di determinare, per ciascuna tipologia di utenza esaminata:

- le caratteristiche degli impianti e dei dispositivi utilizzatori presenti;
- la presenza/assenza di sistemi di generazione locale o di accumulo elettrico;
- la presenza/assenza di sistemi di monitoraggio, controllo e automazione dei carichi elettrici e termici;
- la tipologia delle lampade utilizzate per illuminazione di interni o di aree esterne nelle pertinenze degli edifici;
- la tipologia di sistemi utilizzati per il riscaldamento/raffrescamento e la produzione di ACS;
- la tipologia di alimentazione elettrica più comunemente utilizzata;
- il range di potenza contrattuale;
- i consumi elettrici medi e massimi annui;
- la ripartizione dei consumi elettrici nelle fasce orarie;
- la ripartizione dei consumi elettrici nell'anno solare;
- alcune informazioni relative al "comportamento elettrico" degli utilizzatori.

Insieme ai dati ottenuti attraverso il monitoraggio dei consumi di tre utenze rappresentative, le informazioni ricavate dall'analisi dei questionari e delle bollette degli utenti che hanno aderito al censimento sono di fondamentale importanza per stabilire quali interventi di efficientamento sono più adatti per ciascuna tipologia di utenza e per la futura definizione di algoritmi di DR.

Nei paragrafi seguenti sono esaminate le utenze che hanno aderito al censimento, suddivise in tre tipologie:

- n.8 utenze domestiche identificate con le sigle R1, R2,..., R8;
- n.7 utenze alberghiere identificate con le sigle H1, H2,..., H7;
- n.7 utenze commerciali e del terziario identificate con le sigle C1, C2,..., C7.

Non è stato possibile analizzare i consumi energetici di alcune delle utenze su elencate in quanto gli intestatari delle corrispondenti forniture di energia elettrica, sebbene abbiano aderito al censimento, non hanno dato il consenso all'esame delle bollette.

5.2 Individuazione delle caratteristiche elettriche delle utenze

5.2.1 Utenze domestiche

Le utenze domestiche, indicate con la sigla R1, ..., R8, hanno potenza contrattuale compresa tra 3 kW e 10 kW, prevalentemente alimentate dalla rete BT monofase (Tabella 11).

Tabella 11. Potenze contrattuali delle utenze domestiche.

Utenza	P [kW]
R1	6
R2	3
R3	3
R4	3
R5	3
R6	3
R7	10
R8	6

Nessuna utenza ha impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, né destinati alla vendita né per autoconsumo. Allo stesso modo non sono presenti sistemi di accumulo di energia elettrica di alcun tipo. Pertanto, ai sensi della Norma CEI 0-21, tutte le utenze sono classificabili come “passive”.

Solo un’utente ha impianti di automazione del tipo BAC per il controllo delle luci esterne.

A parte questa eccezione, che non influenza le conclusioni della presente analisi, gli impianti elettrici possono definirsi “tradizionali” o, più precisamente, di classe D “NON ENERGY EFFICIENT” ai sensi della norma UNI EN 15232 [19].

Per quanto riguarda i consumi elettrici si evidenzia che:

- il consumo medio degli utenti domestici analizzati è pari a circa 5000 kWh/anno;
- il consumo massimo è pari a circa 9500 kWh/anno;
- uno dei carichi elettrici più significativi per gli utenti è lo scaldabagno elettrico. Quasi la totalità degli utenti domestici indica il possesso di almeno uno scaldabagno elettrico da 80 litri con assorbimenti tra 1500W e 1800W;
- alcuni utenti utilizzano ancora lampade alogene, sia per illuminazione di interni che di aree esterna;
- le pompe di calore installate sono utilizzate prevalentemente per il condizionamento estivo;
- costituiscono parte del carico elettrico autoclavi, elettropompe e pompe sommerse.

La Tabella 12 riassume le caratteristiche principali delle utenze domestiche R1-R8.

Tabella 12. Caratteristiche delle utenze domestiche.

Livello di tensione di alimentazione	BT
Classificazione del sistema elettrico	TT
Classificazione in accordo alla CEI 0-21	Utenti passivi
Classificazione in accordo alla UNI EN 15232	D

Si evidenzia come gli utenti domestici aderenti al servizio di maggiore tutela lamentino costi eccessivi dell’energia elettrica sebbene, come rilevato dall’analisi delle bollette, ad essi siano applicate le normali condizioni contrattuali previste dalle leggi nazionali.

In realtà, tali utenze presentano consumi superiori a quelli della media nazionale (3000-4000 kWh/anno). Ciò è dovuto, prevalentemente:

- all’utilizzo di scaldabagni elettrici, spesso obsoleti, per la produzione di ACS;
- all’utilizzo spinto di pompe di calore, anch’esse il più delle volte datate e quindi a basso rendimento, per il riscaldamento invernale e soprattutto per il raffrescamento estivo (complici le più elevate temperature dovute alla latitudine del sito);
- alla bassa classe energetica degli edifici, costruiti prevalentemente in tempi non recenti e senza alcuna attenzione al contenimento dei consumi energetici;
- alla presenza di lampade alogene e alla scarsa diffusione della tecnologia al LED;
- alla presenza di elettropompe per gli impianti idro-sanitari, normalmente utenze condominiali, alimentate dai medesimi contatori delle abitazioni (spesso villette o palazzini mono/bifamifamiliari);
- alla mancanza di sistemi di automazione e controllo dei carichi elettrici.

5.2.2 Utenze alberghiere

Le utenze alberghiere, indicate con le sigle H1, ..., H7, hanno potenza contrattuale compresa tra 25 kW e 120 kW, e sono alimentate dalla rete BT trifase. La tipologia alberghiera dell’isola non richiede contratti di fornitura in MT (Tabella 13).

Nessuna utenza ha impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, né per vendita né per autoconsumo. Altresì, non sono presenti sistemi di accumulo di energia elettrica di alcun tipo. Pertanto, ai sensi della Norma CEI 0-21, tutti gli alberghi esaminati sono classificabili come “utenti passivi”. Sebbene non siano presenti impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, il 50% degli alberghi censiti possiede un impianto di produzione di ACS che fa uso di collettori solari termici.

Tabella 13. Potenze contrattuali delle utenze alberghiere.

Utenza	P [kW]
H1	31,25
H2	18,75
H3	50
H4	n.a.
H5	120
H6	37,5
H7	64,25

Presso alcune delle utenze esaminate sono presenti sistemi BAC/TBM di base (BAC efficiency class C) che consentono di realizzare delle funzioni semplici quali la regolazione locale della temperatura con termostato ambiente nelle camere e lo spegnimento delle luci dei corridoi con comando temporizzato. Tuttavia, gli impianti elettrici possono definirsi “tradizionali” e di classe D “NON ENERGY EFFICIENT” in quanto la presenza di sistemi di automazione è confinata a pochi ambienti e applicazioni, consente controlli dei carichi soltanto con modalità ON/OFF e non in grado di influenzare significativamente la riduzione dei consumi elettrici delle utenze. Per quanto riguarda questi ultimi si evidenzia che:

- il consumo elettrico medio delle utenze esaminate è pari a circa 174000 kWh/anno;
- il consumo massimo è pari circa 395000 kWh/anno;
- il consumo medio per posto letto è pari a circa 4700 kWh/anno;
- il consumo massimo per posto letto è pari circa 14700 kWh/anno;
- i carichi elettrici che maggiormente influenzano il consumo degli utenti alberghieri sono la cucina e il sistema di produzione dell’ACS. I consumi di energia elettrica minori si hanno negli alberghi con caldaia e cucina alimentate a GPL, quelli maggiori si hanno per gli utenti in cui la produzione di ACS è affidata alle pompe di calore e la cucina è ad alimentazione elettrica;
- alcuni utenti utilizzano ancora lampade alogene, in particolare per illuminazione degli spazi comuni o per le aree esterne;
- le pompe di calore sono utilizzate prevalentemente per il condizionamento estivo;
- costituiscono parte del carico elettrico autoclavi, elettropompe e pompe sommerse.

La Tabella 14 riassume le caratteristiche principali delle utenze alberghiere H1-H7.

Tabella 14. Caratteristiche delle utenze domestiche.

Livello di tensione di alimentazione	BT
Classificazione del sistema elettrico	TT
Classificazione in accordo alla CEI 0-21	Utenti passivi
Classificazione in accordo alla UNI EN 15232	D

5.2.3 Utenze commerciali e del terziario

Le utenze dei settori commerciale e terziario, indicate con la sigla C1,..., C7, hanno potenza contrattuale compresa tra 18,75 kW e 37,5 kW, e sono alimentate dalla rete BT trifase (Tabella 15).

Nessuna utenza ha impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, né destinata alla vendita né per autoconsumo. Altresì, non sono presenti sistemi di accumulo di energia elettrica di alcun tipo. Anche in questo caso, pertanto, ai sensi della Norma CEI 0-21, tutte le utenze esaminate sono classificate come “utenti passivi”. Presso una soltanto delle utenze commerciali esaminate è installato un impianto di produzione di ACS dotato di collettori solari termici con serbatoio di accumulo da 300 litri.

Tabella 15. Potenze contrattuali delle utenze del settore commerciale e terziario.

Utenza	P [kW]
C1	37,5
C2	33
C3	31,25
C4	37,5
C5	18,75
C6	37,5
C7	38,5

Presso nessuna delle utenze esaminate sono presenti sistemi BAC/TBM, pertanto, anche in questo caso gli impianti elettrici possono definirsi “tradizionali” e di classe D “NON ENERGY EFFICIENT”.

Per quanto riguarda i consumi elettrici si evidenzia che:

- il consumo medio è pari a circa 90000 kWh/anno;
- il consumo massimo è pari circa 184000 kWh/anno;
- i carichi elettrici che maggiormente influenzano il consumo degli utenti del settore commerciale (essenzialmente bar, ristoranti e pescherie) sono quelli utilizzati per il raffreddamento, congelamento e abbattimento dei generi alimentari deperibili o delle bevande;
- i carichi elettrici che maggiormente influenzano il consumo degli utenti del settore terziario sono le pompe di calore per il raffrescamento estivo;
- alcuni utenti utilizzano ancora lampade alogene, mentre si ha un utilizzo molto ridotto della tecnologia LED;
- tutte le utenze possiedono pompe di calore utilizzate quasi esclusivamente per il condizionamento estivo;
- tutte le utenze producono ACS utilizzando scaldacqua elettrici;
- costituiscono parte del carico elettrico autoclavi, elettropompe e pompe sommerse.

La Tabella 16 riassume le caratteristiche principali delle utenze dei settori commerciale e terziario C1-C7.

Tabella 16. Caratteristiche delle utenze domestiche.

Livello di tensione di alimentazione	BT
Classificazione del sistema elettrico	TT
Classificazione in accordo alla CEI 0-21	Utenti passivi
Classificazione in accordo alla UNI EN 15232	D

5.3 Distribuzione territoriale delle utenze

Con riferimento alla distribuzione delle utenze elettriche rispetto alla centrale SE.LI.S. si evidenzia che:

- la maggior parte delle utenze domestiche (circa 85% del totale) si trova all’interno del centro urbano dell’isola, quindi in prossimità della stessa centrale di produzione. Tale situazione è molto favorevole dal punto di vista elettrotecnico data la vicinanza tra il baricentro della produzione e il baricentro dei consumi;

- il 15% delle abitazioni costituisce “case sparse”, ossia costruzioni disseminate nel territorio comunale a distanza tra loro tale da non poter costituire un nucleo abitato;
- un altro importante carico elettrico è costituito dall’aeroporto che si trova anch’esso in prossimità della centrale;
- gli hotel, tra i maggiori carichi elettrici dell’isola, si trovano prevalentemente all’interno o in prossimità del centro urbano (Figura 9);
- la maggiore quota del carico elettrico si trova nell’area SUD-EST dell’isola, un’altra parte si trova nell’area NORD-EST, mentre l’area OVEST è quella più scarica (è infatti servita dal feeder 4, realizzato in parte in cavo e in parte con conduttori nudi aerei);
- il feeder 2 della rete MT dell’isola alimenta tre grossi carichi: aeroporto, acquedotto e zona industriale e pertanto è uno tra i più critici.

L’analisi della dislocazione territoriale dei carichi elettrici sarà di fondamentale importanza nelle future attività di studio degli impatti sulla rete delle politiche di efficientamento energetico e delle logiche di DR.

5.4 Analisi dei diagrammi di carico delle utenze

5.4.1 Utenze domestiche

Di seguito sono riportati i consumi annui delle utenze domestiche esaminate, nelle tre fasce orarie, sia in kWh che in percentuale dei consumi totali annui. Le fasce orarie di contabilizzazione sono quelle stabilite per le utenze domestiche dalla Delibera AEEGSI 156/07 [20] e dal TIV [21] e sono riportate per comodità di lettura in Tabella 17.

Tabella 17. Fasce orarie per la contabilizzazione dell’energia elettrica.

F1	ore di punta	dalle 8:00 di mattina alle 19:00 dal lunedì al venerdì, festività nazionali escluse
F2	ore intermedie	dalle ore 7:00 alle ore 8:00 la mattina, dalle ore 19:00 alle ore 23:00 dal lunedì al venerdì e dalle ore 7:00 alle ore 23:00 il sabato, festività nazionali escluse
F3	ore fuori punta	dalle ore 00.00 alle ore 7.00 e dalle ore 23.00 alle ore 24.00 dal lunedì al sabato, la domenica e festivi tutte le ore della giornata

Come si evince dalla Tabella 18, i consumi delle utenze domestiche sembrano quasi equamente ripartiti tra le tre fasce di prezzo con una non significativa predominanza dei consumi in fascia F3.

In particolare la media dei consumi è del 34% in fascia F1, del 28% in fascia F2 e del 38% in fascia F3. La fascia F23, pertanto, comprende circa il 66% dei consumi degli utenti domestici.

Tabella 18. Consumi delle utenze R1-R8 per fasce orarie.

Utenza	E_{F1} [kWh]	E_{F2} [kWh]	E_{F3} [kWh]	E_{tot} [kWh]	$E_1\%$	$E_2\%$	$E_3\%$
R1	938	713	1104	2755	34%	26%	40%
R2	1290	1315	1933	4538	28%	29%	43%
R3	2097	1949	1852	5898	36%	33%	31%
R4	264	199	417	880	30%	23%	47%
R5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
R6	1322	1246	1565	4133	32%	30%	38%
R7	3313	2098	2085	7496	44%	28%	28%
R8	3182	2640	3613	9435	34%	28%	38%

La Figura 40 e la Tabella 19 mostrano la suddivisione dei consumi per ciascuna delle utenze residenziali domestiche tra i sei bimestri dell’anno solare.

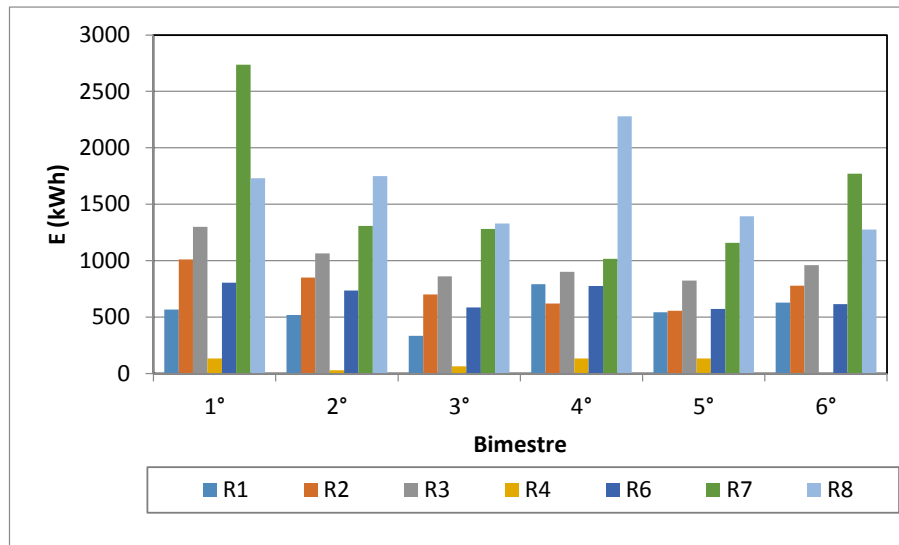


Figura 40. Distribuzione dei consumi energetici per bimestre in un anno solare (utenze domestiche).

Tabella 19. Consumi delle utenze R1-R8 per bimestre.

Utente	Bimestre					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
R1	567	519	334	791	544	628
R2	1012	850	701	619	556	778
R3	1301	1064	860	902	824	961
R4	132	28	65	134	133	0
R5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
R6	805	736	585	776	572	614
R7	2736	1307	1280	1016	1157	1771
R8	1731	1749	1330	2278	1393	1277

Dall'esame degli andamenti in Figura 40 dell'energia consumata per ogni bimestre (E) si evince che possono considerarsi due diverse tipologie di utenze domestiche:

1. una prima tipologia è quella degli utenti che hanno picchi di consumi invernali superiori a quelli estivi a causa di un maggior utilizzo degli scaldacqua elettrici durante il periodo invernale e di uno scarso utilizzo delle pompe di calore per il raffrescamento estivo;
2. una seconda tipologia è quella degli utenti che hanno picchi di consumi estivi superiori o uguali a quelli invernali a causa dell'utilizzo di caldaie a GPL per il riscaldamento e la produzione di ACS.

Tale classificazione sarà di fondamentale importanza nelle fasi successive dello studio che prevedono l'analisi del comportamento dei carichi aggregati, i quali saranno raggruppati in cluster di utenti omogenei grazie ad alcune caratteristiche comportamentali comuni, come meglio descritto in [22] e [23].

5.4.2 Utenze alberghiere

Di seguito sono riportati i consumi annui delle utenze alberghiere esaminate, nelle tre fasce orarie F1, F2 e F3, sia in kWh che in percentuale dei consumi totali annui. Come si evince dalla Tabella 20 Tabella 10, i prelievi di energia elettrica avvengono prevalentemente in fascia F3.

Tabella 20. Consumi delle utenze H1-H7 per fasce orarie.

Utenza	E _{F1} [kWh]	E _{F2} [kWh]	E _{F3} [kWh]	E _{tot} [kWh]	E ₁ %	E ₂ %	E ₃ %
H1	5630	5574	8087	19291	29%	29%	42%
H2	13303	9166	15656	38125	35%	24%	41%
H3	88672	76895	128508	294075	30%	26%	44%
H4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
H5	146494	96778	151992	395264	37%	24%	38%
H6	67989	49808	86455	204252	33%	24%	42%
H7	30770	21575	37065	89410	34%	24%	41%

In particolare la media dei consumi è del 33% in fascia F1, del 25% in fascia F2 e del 41% in fascia F3. Anche nel caso degli utenti alberghieri, tuttavia, la fascia F23 comprende circa il 66% del totale consumo, visto il ridotto consumo in fascia F2 rispetto al caso “domestico”.

La Figura 41 e la Tabella 21 mostrano la suddivisione dei consumi per ciascuna delle utenze residenziali alberghiere tra i sei bimestri dell’anno solare. Dall’esame degli andamenti in Figura 41 dell’energia consumata per ogni bimestre (E) si evince che per la tipologia alberghiera dell’isola i consumi sono prevalentemente durante il periodo estivo (alberghi stagionali). Tra i consumi nel quarto bimestre (luglio-agosto) e i consumi nel primo bimestre (gennaio-febbraio) c’è un rapporto pari in media a 3,8 volte.

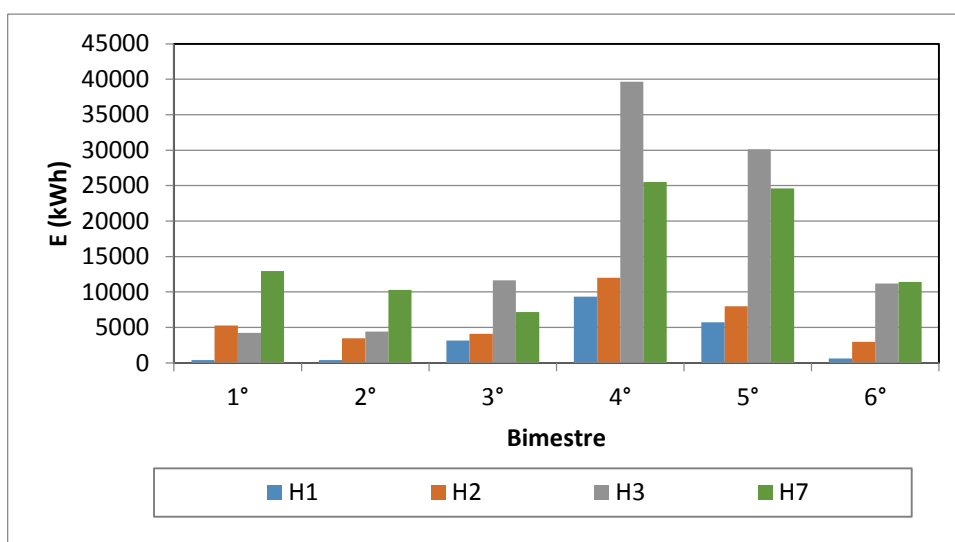


Figura 41. Distribuzione dei consumi energetici per bimestre in un anno solare (alberghi).

Tabella 21. Consumi delle utenze H1-H7 per bimestre.

Utenza	Bimestre					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
H1	384	403	3156	9324	5718	635
H2	5286	3488	4115	11999	7999	2964
H3	4250	4401	11655	39651	30113	11182
H7	12958	10301	7189	25520	24607	11423
Media	5720	4648	6529	21624	17109	6551

5.4.3 Utenze commerciali

Di seguito sono riportati i consumi annui delle utenze dei settori commerciale e terziario esaminate, nelle tre fasce orarie F1, F2 e F3, sia in kWh che in percentuale dei consumi totali annui.

Come si evince dalla Tabella 22, i prelievi di energia elettrica avvengono prevalentemente in fascia F1. In particolare la media dei consumi è del 39% in fascia F1, del 26% in fascia F2 e del 35% in fascia F3. La fascia F23 comprende circa il 61% del totale consumo, leggermente inferiore rispetto alle altre due categorie di utenti precedentemente esaminate.

Tabella 22. Consumi delle utenze C1-C7 per fasce orarie.

Utenza	E_{F1} [kWh]	E_{F2} [kWh]	E_{F3} [kWh]	E_{tot} [kWh]	$E_1\%$	$E_2\%$	$E_3\%$
C1	66962	46075	70697	183734	36%	25%	38%
C2	27916	28717	34696	91329	31%	31%	38%
C3	11446	11026	11398	33870	34%	33%	34%
C4	38137	23235	35048	96420	40%	24%	36%
C5	26649	16948	21904	65501	41%	26%	33%
C6	22747	15015	24460	62222	37%	24%	39%
C7	54541	17052	23752	95345	57%	18%	25%

La Figura 42 e la Tabella 23 mostrano la suddivisione dei consumi per ciascuna delle utenze residenziali dei settori commerciale e terziario tra i sei bimestri dell'anno solare. Dall'esame degli andamenti in Figura 42 dell'energia consumata per ogni bimestre (E) si evince che tale tipologia di utenti dell'isola i consumi avvengono prevalentemente durante il periodo estivo (periodo di maggior lavoro per le attività commerciali quali bar, ristoranti, supermercati, etc). Tra i consumi nel quarto bimestre (luglio-agosto) e i consumi nel primo bimestre (gennaio-febbraio) c'è un rapporto pari in media a 3 volte.

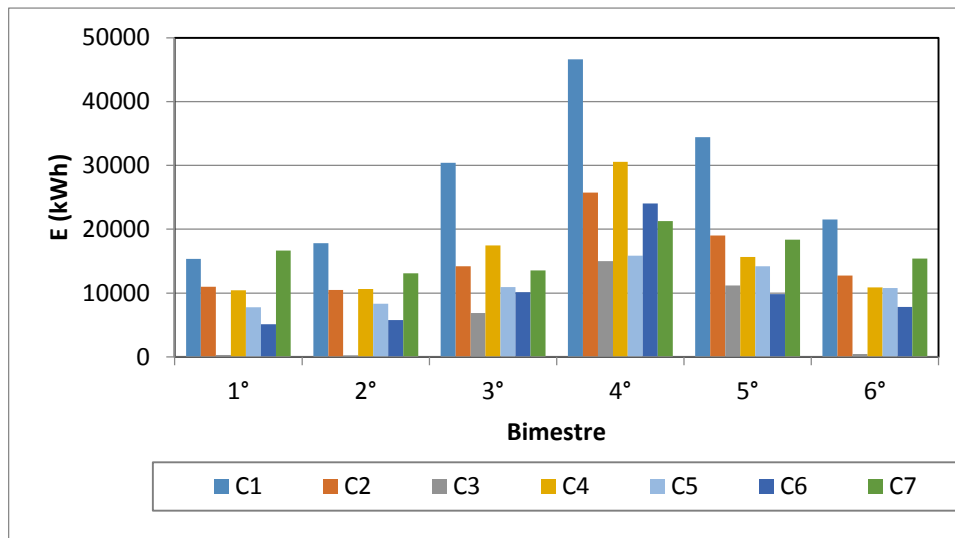


Figura 42. Distribuzione dei consumi energetici per bimestre in un anno solare (commercio e terziario).

Tabella 23. Consumi delle utenze C1-C7 per bimestre.

Utente	Bimestre					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
C1						
C2						
C3						
C4						
C5						
C6						
C7						

C1	15364	17812	30380	46624	34426	21506
C2	11000	10498	14173	25712	18998	12735
C3	283	261	6874	14980	11193	419
C4	10437	10628	17472	30532	15670	10865
C5	7761	8323	10936	15830	14206	10775
C6	5135	5742	10142	24043	9853	7825
C7	16675	13078	13555	21270	18374	15385
Media	9522	9477	14790	25570	17531	11359

5.5 Monitoraggio di alcune utenze rappresentative

5.5.1 Utenza 1: appartamento

L'appartamento esaminato ha un contratto di fornitura dell'energia elettrica per uso domestico residente con tariffa bioraria e potenza impegnata pari a 3 kW. Esso corrisponde all'utenza domestica identificata con R2 nei paragrafi precedenti. L'appartamento è dotato di impianto di condizionamento a pompa di calore e di scaldabagno elettrico da 80 litri per la produzione di ACS.

Il monitoraggio consiste nella rilevazione dei consumi di energia elettrica dell'intero appartamento e dello scaldabagno separatamente. A titolo di esempio, la Figura 43 mostra i diagrammi di carico complessivo di 10 giorni di luglio.

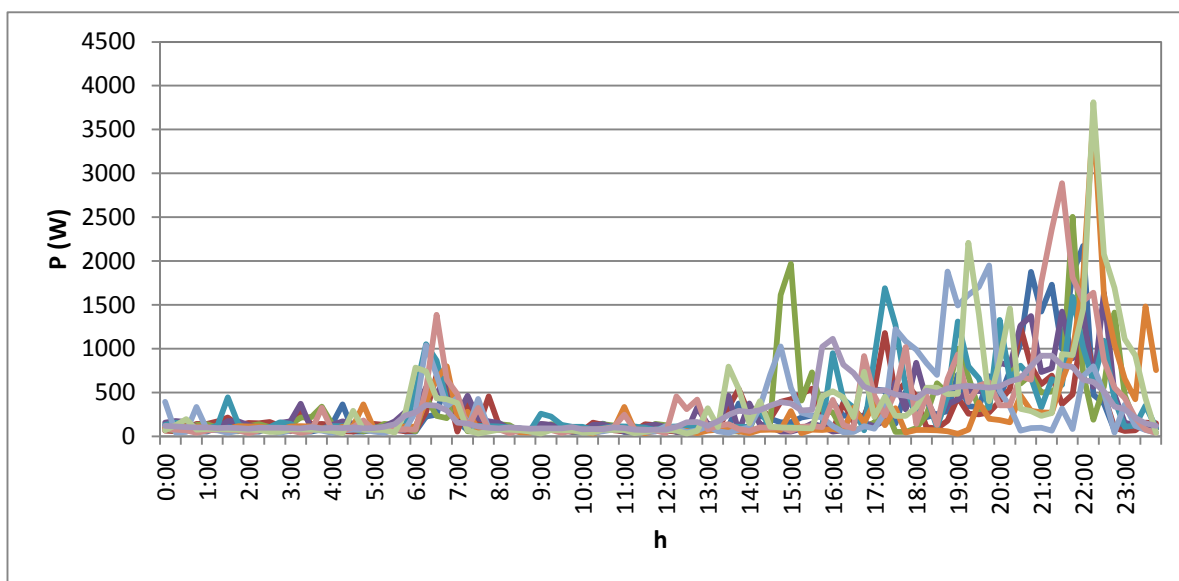


Figura 43. Diagrammi di carico giornalieri (luglio).

L'esame della Figura 43 mostra una concentrazione del carico elettrico nelle ore pomeridiane/serali con picchi tra le 19 e le 22.

La Figura 44 mostra l'assorbimento dello scaldabagno elettrico dell'abitazione. Anche in questo caso sono stati rappresentati i profili relativi a 10 giorni del mese di luglio. L'esame di tali profili mostra un picco di assorbimento nella stessa fascia oraria in cui si verifica il picco di assorbimento dell'abitazione, per la quale, chiaramente, l'utilizzo di tale sistema di produzione di ACS è responsabile del picco di assorbimento e di una non trascurabile quota dei consumi di energia elettrica.

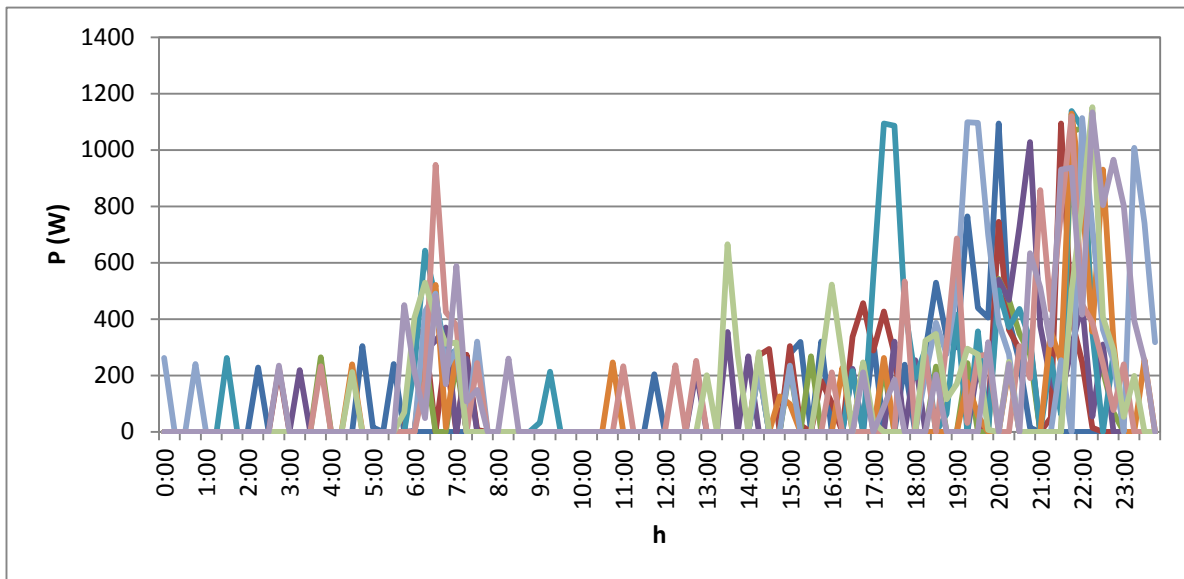


Figura 44. Profili di assorbimento giornaliero dello scaldabagno elettrico.

Utilizzando la metodologia descritta in dettaglio nel paragrafo 5.3, è possibile determinare il diagramma di carico aggregato di un numero N di appartamenti omogenei a quello in esame. Allo stesso modo si determina il diagramma di carico aggregato degli scaldabagni elettrici. La Figura 45 mostra i due diagrammi nel caso di 100 utenti omogenei (numero medio di utenti alimentati da una cabina in muratura nel centro urbano).

Il diagramma di carico aggregato dei 100 appartamenti è fortemente influenzato dal comportamento degli scaldabagni installati presso gli utenti. Si noti infatti che contemporaneamente al picco di assorbimento dell'aggregato, che si verifica intorno alle 16, si verifica il picco di assorbimento da parte degli scaldabagni elettrici. Tale picco è pari al 68% di quello complessivo dell'aggregato di appartamenti.

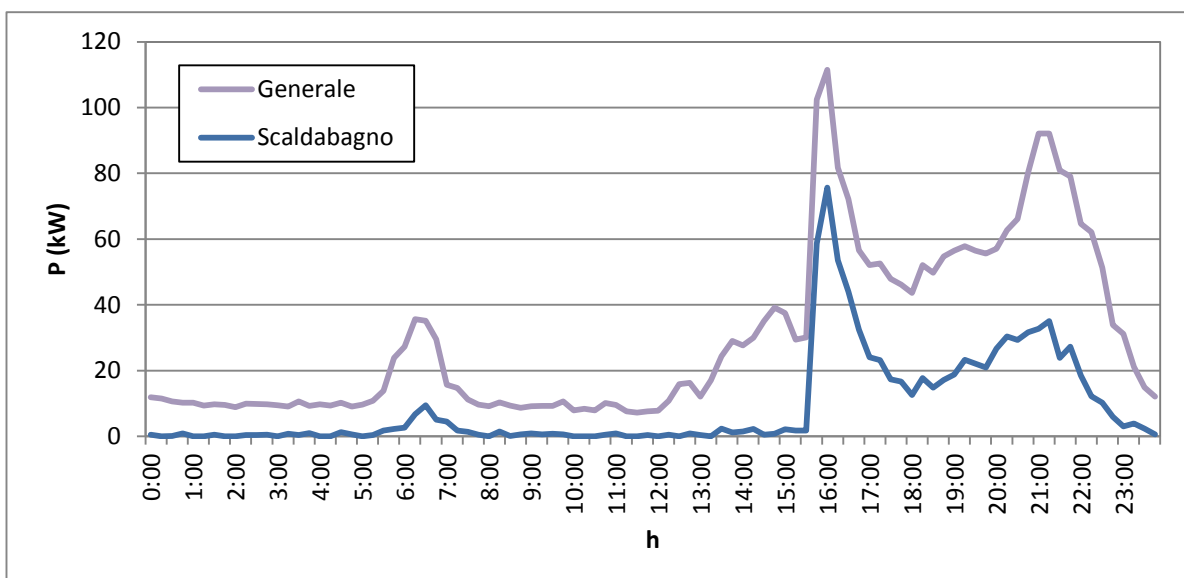


Figura 45. Diagrammi di carico aggregati (100 utenze omogenee).

Infine, nella Figura 46 sono riportati i consumi giornalieri dell'abitazione nel periodo luglio-settembre. Il consumo medio giornaliero è circa 7,25 kWh, pari a poco più del 70% del consumo medio rilevato dalle bollette per lo stesso periodo dell'anno precedente.

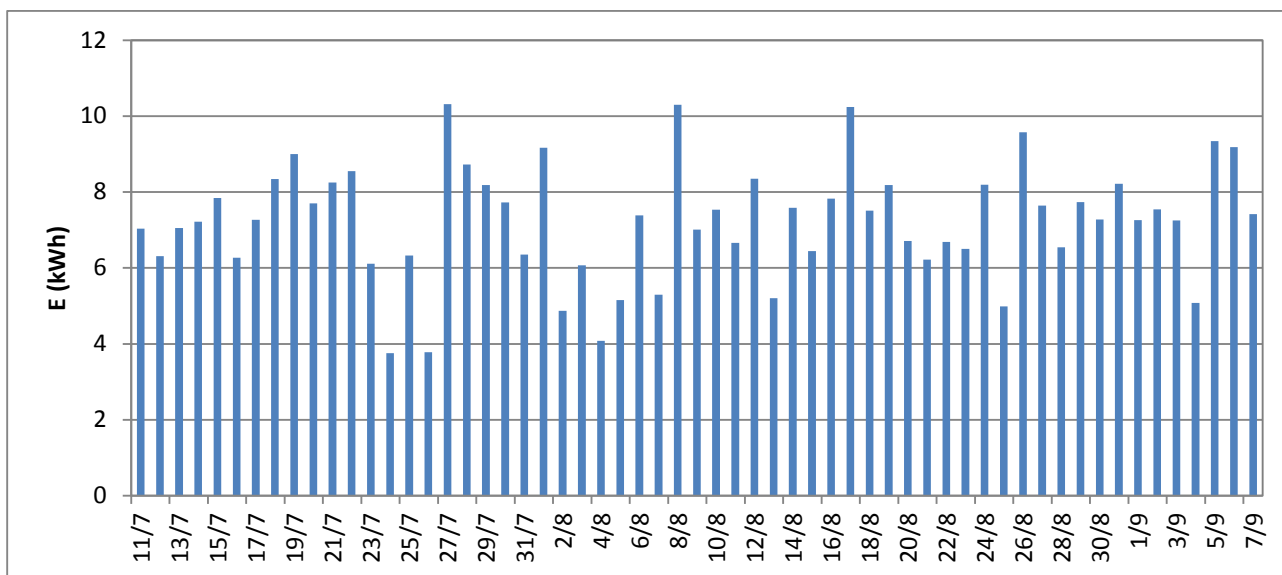


Figura 46. Consumo giornaliero rilevato nel periodo luglio-settembre.

5.5.2 Utenza 3: albergo

L'albergo esaminato ha due diversi contratti di fornitura dell'energia elettrica per usi diversi con tariffa multioraria e potenza impegnata pari a 33+31,25 kW.

I due contratti consentono di fatturare separatamente i consumi elettrici generali e quelli per la pompa di calore. L'albergo corrisponde all'utenza alberghiera identificata con H7 nei paragrafi precedenti ed è dotato di impianto di condizionamento e produzione di ACS a pompa di calore con serbatoio di accumulo da 1000 litri. Non sono presenti collettori solari.

La Figura 47 mostra per un giorno del mese di giugno il diagramma di carico generale e quello della pompa di calore (PdC).

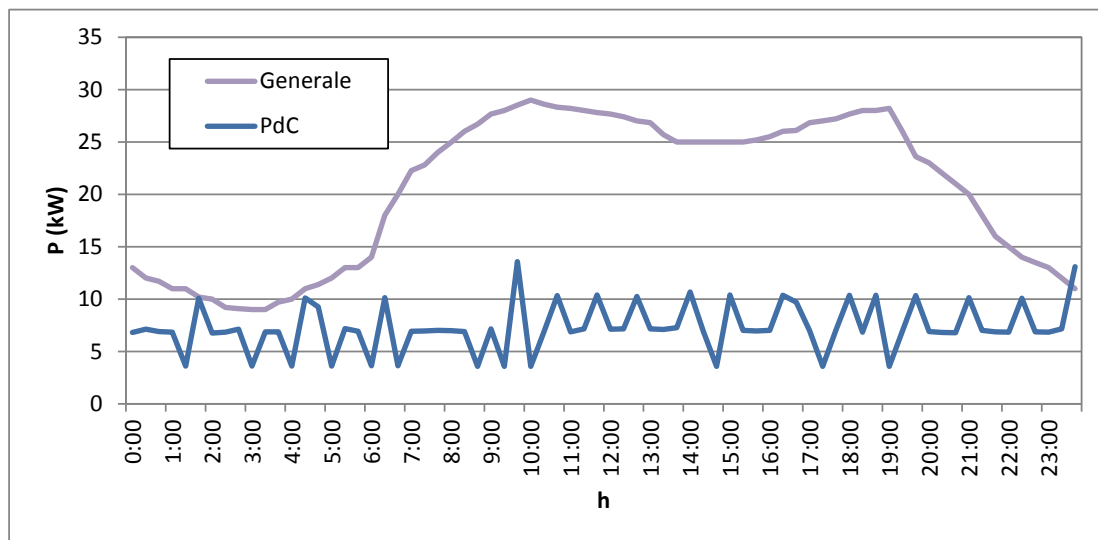


Figura 47. Diagrammi di carico giornalieri (giugno).

L'esame del grafico Figura 47 mostra una concentrazione del carico elettrico per usi generali tra le 10 del mattino e le 20, con una lieve riduzione nella fascia pomeridiana. I consumi mattutini e quelli a partire dalle 17 in poi sono dovuti principalmente all'utilizzo delle apparecchiature per cucina, lavanderia e per la pulizia dei locali (aspirapolvere, lucida pavimenti, etc).

La stessa figura mostra l'assorbimento elettrico della pompa di calore nello stesso giorno. I dati, rilevati con un time step di 5 minuti ma mediati sul quarto d'ora, rivelano dei picchi intermittenti che si ripetono ogni 45-120 minuti e un assorbimento maggiore nella fascia compresa tra le 11 e le 23 dovuta, presumibilmente, all'utilizzo dell'impianto di condizionamento delle camere (quest'ultimo attualmente privo di controlli che ne inibisca l'attivazione in assenza di ospiti all'interno delle camere).

Infine, nella Figura 48 sono riportati i consumi giornalieri della pompa di calore nel periodo aprile-giugno. Si noti come, a partire da fine maggio, i consumi risultino triplicati rispetto al periodo invernale/primaverile, passando da una media di 50 kWh/giorno a una media di 150 kWh/giorno a causa dell'inizio della stagione estiva. Durante i mesi di luglio e agosto tali consumi aumentano ulteriormente. Tale incremento è coerente con l'incremento del picco di produzione della centrale termica dell'isola.

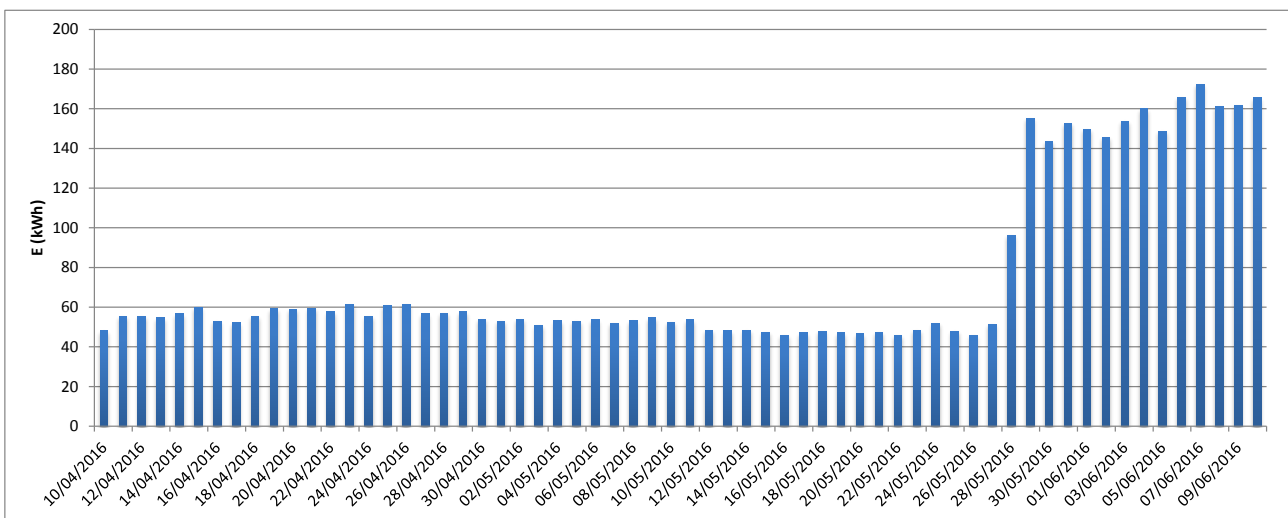


Figura 48. Consumo giornaliero rilevato nel periodo aprile-giugno per la pompa di calore.

5.6 Analisi dei diagrammi di carico dell'isola

5.6.1 Diagramma di carico annuale

Sono stati analizzati i picchi di potenza richiesta dal carico totale dell'isola al fine di determinare come variano gli assorbimenti elettrici complessivi durante l'anno solare.

I risultati dell'analisi effettuata sono riportati nell'istogramma di Figura 49 che rappresenta la successione dei picchi di assorbimento mensili per un anno solare (anno di riferimento 2015).

Il picco annuale di potenza generata si ha nel mese di agosto (9,4 MW) mentre il minimo si ha nei mesi di novembre e dicembre (4 MW). Tra il picco del mese di agosto e quello di novembre c'è un rapporto pari a 2,35. In particolare si fa notare come nei mesi di novembre e dicembre i generatori installati, la cui taglia complessiva è pari a 22,5MW, sono sfruttati soltanto al 18%.

Questo da un lato consente di avere una grossa riserva di potenza, ma dall'altro è indice di uno sfruttamento non ottimale del parco macchine di generazione.

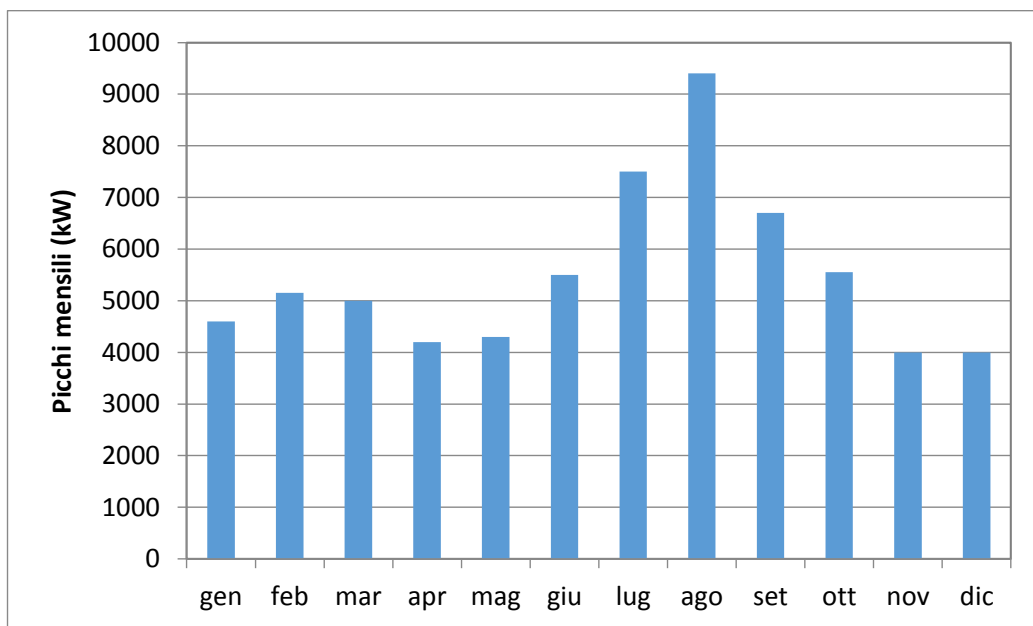


Figura 49. Picchi di potenza mensili.

5.6.2 Diagramma di carico giornaliero

Sono stati analizzati gli assorbimenti di potenza in centrale per una settimana rappresentativa del periodo estivo e una del periodo invernale.

La Figura 50 riporta il diagramma di carico giornaliero per i sette giorni di una settimana estiva del mese di agosto (mese di massimo carico).

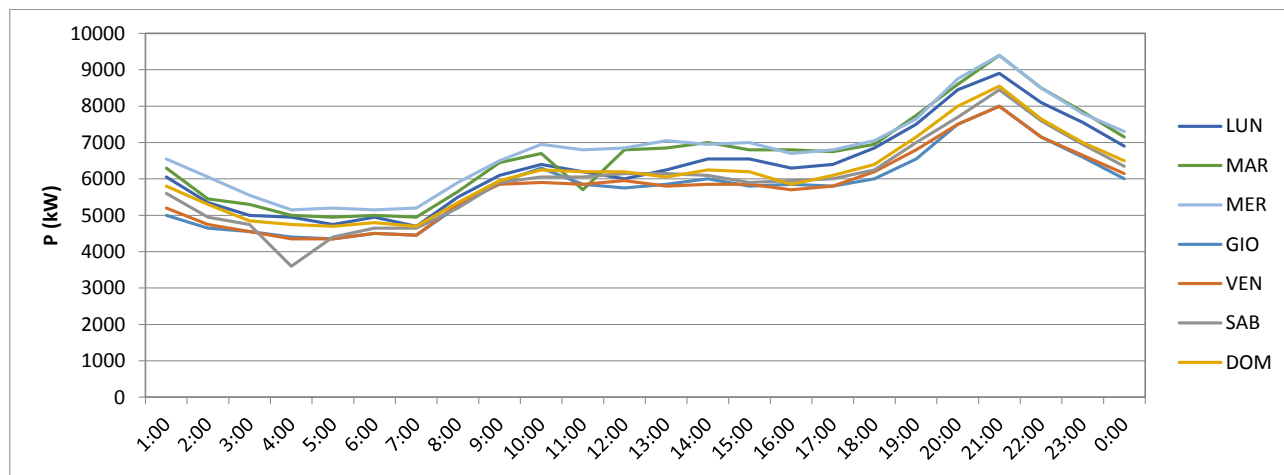


Figura 50. Diagramma di carico giornaliero per i sette giorni di una settimana tipo del mese di agosto.

Dall’esame degli andamenti riportati in figura si nota che:

- il picco di consumo giornaliero si ha sempre tra le 21:00 e le 22:00, orario in cui si ha il massimo carico per illuminazione, condizionamento, intrattenimento e ristorazione;
- il picco di consumo giornaliero è in media 8,3 MW con massimi di 9,4 MW e un valore minimo di 8 MW;
- il consumo va gradualmente diminuendo dalle 22:00 alle 2:00 del mattino, man mano che i pubblici esercizi chiudono;
- nella fascia tra le 10:00 e le 18:00 si ha un assorbimento quasi costante e pari in media a 6 MW.

La Figura 51 riporta il diagramma di carico giornaliero per i sette giorni di una settimana invernale del mese di febbraio. Sebbene sia novembre il mese invernale in cui si hanno i minori consumi, il mese di febbraio è stato scelto come rappresentativo tra quelli invernali in quanto è quello in cui si fa il maggior utilizzo di impianti di riscaldamento.

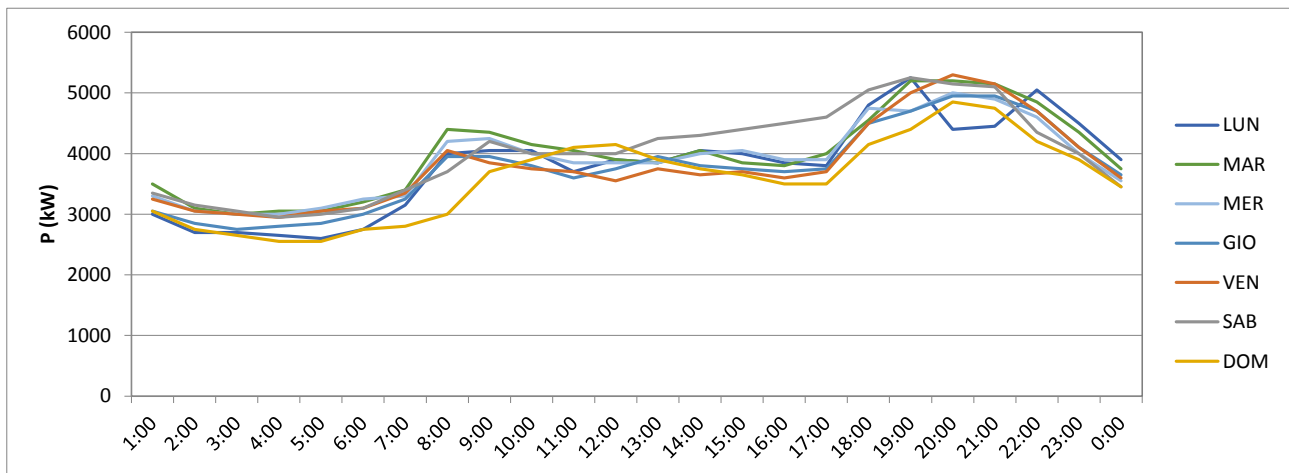


Figura 51. Diagramma di carico giornaliero per i sette giorni di una settimana tipo del mese di febbraio.

Dall'esame degli andamenti in figura si nota che:

- il picco di consumo giornaliero si ha sempre tra le 19:00 e le 21:00, orario in cui si ha il massimo carico per illuminazione, riscaldamento, cucina e ristorazione in genere;
- il picco di consumo giornaliero è in media 4,9 MW;
- il consumo va rapidamente diminuendo a partire dalle 22:00 e raggiunge il suo valore minimo tra le 3:00 e le 5:00 del mattino per poi ricrescere più rapidamente nei giorni lavorativi in seguito alla riapertura mattutina delle attività commerciali prima e degli uffici poi e molto più lentamente la domenica;
- nella fascia tra le 10:00 e le 17:00 si ha un assorbimento quasi costante e pari in media a 3,8 MW.

Dagli andamenti in Figura 50 e in Figura 51 sono stati determinati i diagrammi di carico giornalieri medi estivo ed invernale riportati in Figura 52. Gli andamenti mostrati in figura, in cui si nota un aumento del carico nel secondo pomeriggio, sono coerenti con quanto rilevato sperimentalmente presso gli utenti che hanno acconsentito alle azioni di monitoraggio.

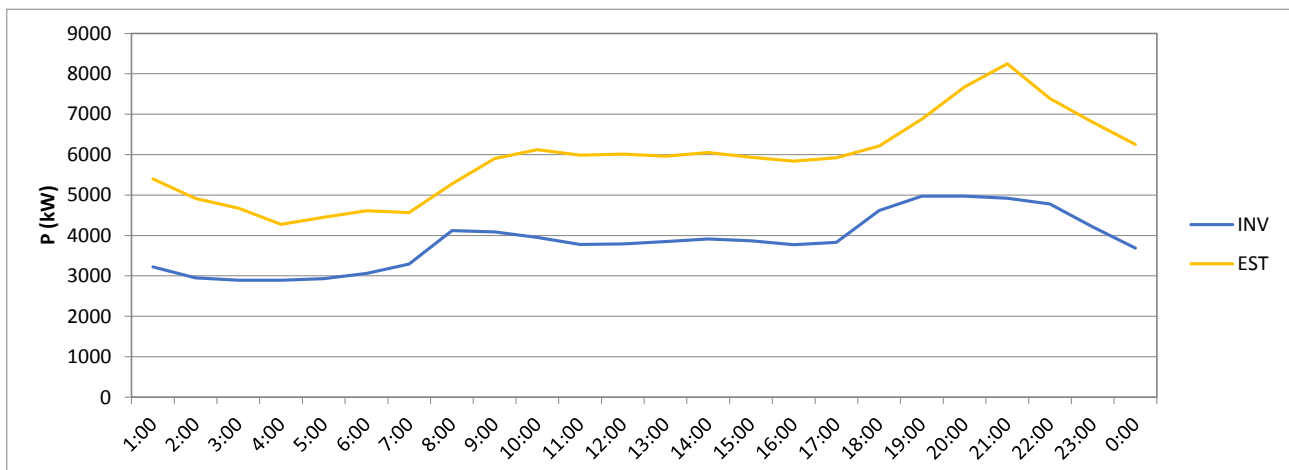


Figura 52. Diagrammi di carico giornalieri medi per i giorni tipo estivo ed invernale.

5.6.3 Determinazione dei fattori di potenza medi per ogni nodo MT

Si è proceduto al reperimento e all'analisi dei diagrammi di carico di ciascuna delle cabine MT/BT dell'isola di Lampedusa, secondo la procedura di seguito descritta.

STEP 1. Per ciascuna cabina di distribuzione, considerata come un nodo di carico della rete MT, sono stati reperiti i consumi mensili di energia attiva e reattiva per un intero anno solare.

STEP 2. Sono stati calcolati i fattori di potenza medi mensili $\cos\varphi_m$ per ciascun nodo della rete MT utilizzando la relazione:

$$\cos\varphi_m = \tan^{-1} \frac{E_a}{E_r}$$

dove E_a è l'energia attiva assorbita al nodo nel mese ed E_r è l'energia reattiva assorbita al nodo nel mese.

STEP 3. È stato suddiviso l'anno in un periodo estivo e in un periodo invernale:

- periodo estivo composto dai mesi Giugno, Luglio, Agosto e Settembre;
- periodo invernale composto dai restanti otto mesi.

STEP 4. Sono state calcolate le potenze attiva e reattiva medie assorbite da ciascun nodo nei periodi estivi e invernali.

STEP 5. Sono stati calcolati i fattori di potenza medi mensili e invernali per ciascun nodo della rete.

Nella Tabella 24 si riportano, per ogni cabina, i valori delle potenze attive medie estive ed invernali e dei fattori di potenza medi estivi e invernali. Come si evince dai valori riportati, il fattore di potenza medio mensile per ogni nodo è sempre compreso tra 0,85 e 0,89 sia nel periodo estivo che in quello invernale.

Tabella 24. Potenza media e fattore di potenza medio per ogni nodo della rete MT.

		ESTATE	INVERNO			ESTATE	INVERNO
N.	NOME CABINA	$\cos \varphi_m$	$\cos \varphi_m$	N.	NOME CABINA	$\cos \varphi_m$	$\cos \varphi_m$
1	CAB.1.1	0,85	0,86	30	CAB.4.10	0,88	0,89
2	CAB.2.1	0,87	0,89	31	CAB.4.11	0,85	0,86
3	CAB.2.2	0,88	0,89	32	CAB.4.12	0,87	0,89
4	CAB.2.3	0,85	0,86	34	CAB.4.13	0,88	0,89
5	CAB.2.4	0,88	0,89	35	CAB.4.14	0,85	0,86
6	CAB.2.5	0,88	0,89	36	CAB.4.15	0,88	0,89
7	CAB.2.6	0,88	0,89	37	CAB.4.16	0,88	0,89
8	CAB.2.7	0,86	0,87	39	CAB.4.17	0,88	0,89
9	CAB.3.1	0,88	0,88	40	CAB.4.18	0,86	0,87
10	CAB.3.2	0,86	0,87	42	CAB.4.19	0,88	0,88
11	CAB.3.3	0,88	0,89	43	CAB.4.20	0,86	0,87
12	CAB.3.4	0,87	0,88	44	CAB.4.21	0,88	0,89
13	CAB.3.5	0,88	0,89	46	CAB.4.22	0,87	0,88
15	CAB.3.6	0,88	0,89	47	CAB.4.23	0,88	0,89
17	CAB.3.7	0,88	0,89	49	CAB.4.24	0,88	0,89
18	CAB.3.8	0,85	0,86	51	CAB.4.25	0,88	0,89
19	CAB.3.9	0,88	0,89	52	CAB.4.26	0,85	0,86
20	CAB.4.1	0,85	0,86	53	CAB.4.27	0,88	0,89
21	CAB.4.2	0,88	0,89	55	CAB.4.28	0,85	0,86
22	CAB.4.3	0,88	0,89	56	CAB.4.29	0,88	0,89
23	CAB.4.4	0,88	0,89	57	CAB.4.30	0,88	0,89
24	CAB.4.5	0,86	0,87	58	CAB.4.31	0,88	0,89
25	CAB.4.6	0,88	0,89	59	CAB.4.32	0,86	0,87
26	CAB.4.7	0,85	0,86	60	CAB.4.33	0,88	0,89
28	CAB.4.8	0,85	0,86	61	CAB.4.34	0,85	0,86
29	CAB.4.9	0,85	0,85				

6 Tecnologie innovative per la climatizzazione e sistemi di controllo dei carichi isolani

6.1 Individuazione di tecnologie per la riduzione dei consumi

Tenendo conto delle peculiarità degli edifici censiti e del contesto territoriale e dei risultati ottenuti dal monitoraggio strumentale dei consumi elettrici di alcune utenze campione, è stata indagata la possibilità di installare presso le singole utenze (edifici pubblici, strutture alberghiere, edifici mono-multi familiari) sistemi e tecnologie in grado di ridurre la richiesta di energia elettrica per la climatizzazione estiva ed invernale, che impieghino il vettore termico o l'energia termica/elettrica autoprodotta:

1. Sistemi di climatizzazione heat driven;
2. Pompe di calore alimentate da PV;
3. Building Integrated PhotoVoltaic (BIPV), Building Integrated Solar Thermal (BIPV) e Building integrated Photovoltaic & Thermal (BIPVT).

6.1.1 Sistemi di climatizzazione heat driven Solar DEC

Di seguito viene descritto il sistema di climatizzazione ad energia solare DEC preso in esame.

Il sistema, denominato Freesco (da FREE Solar COOLing) è un innovativo sistema di climatizzazione alimentato ad energia solare, progettato per applicazioni nel settore residenziale e terziario. Il sistema si basa su un originale ciclo di trattamento dell'aria in grado di assicurare il controllo della temperatura e dell'umidità nell'ambiente servito, e di garantire un adeguato ricambio dell'aria. Il refrigerante utilizzato all'interno della macchina è l'acqua.

Il basso fabbisogno elettrico necessario alla movimentazione dell'aria e dell'acqua in circolo può essere coperto mediante pannelli fotovoltaici, opzionalmente integrabili nel sistema.

Nella stagione invernale il calore solare può essere vantaggiosamente utilizzato per dare un contributo al riscaldamento dell'ambiente. I principali punti di forza del sistema sono:

- funzionamento basato prevalentemente sull'utilizzo di energia solare;
- compattezza ed elevata efficienza energetica grazie alla innovativa tecnologia DEC a letti fissi raffreddati e processi di raffreddamento evaporativo avanzati;
- assenza totale di refrigeranti nocivi per l'ambiente, il refrigerante è l'acqua;
- elevata capacità di accumulo (sorption storage) nei momenti di elevata disponibilità di radiazione solare. Ciò permette di garantire una continuità del servizio di raffreddamento anche in assenza di radiazione per diverse ore dopo il tramonto;
- possibilità di utilizzo anche in aree non servite dalla rete elettrica grazie alla possibilità di integrazione con un piccolo sistema fotovoltaico;
- elevata purezza dell'aria grazie alla presenza del materiale adsorbente e di efficienti filtri per l'aria;
- possibilità di configurare il sistema anche solo come sistema di deumidificazione e di ventilazione;
- possibilità di integrazione con sistemi di produzione del calore convenzionali (caldaia, PdC).

Il principio di funzionamento.

Il sistema si basa su una particolare sequenza di trattamenti dell'aria tali da assicurare il controllo della temperatura e dell'umidità nell'ambiente servito oltre ad un adeguato ricambio dell'aria.

Il funzionamento del sistema (Figura 53) può essere sintetizzato nelle due fasi seguenti:

- 1) l'aria calda e umida proveniente dall'esterno dell'edificio attraversa una grande massa di materiale adsorbente (silica gel) che la rende molto secca. In questa fase il calore latente rilasciato durante la

deumidificazione viene rimosso e scaricato all'unità interna di raffreddamento. Questo flusso d'aria viene poi miscelato con quello di ritorno dall'edificio creando una miscela d'aria in condizioni di temperatura moderate e bassa umidità. Dunque il risultato di questa prima fase è l'ottenimento di aria secca anche se ancora relativamente calda.

- 2) la seconda fase del processo si svolge in un altro componente, dove questa miscela di aria viene raffreddata grazie all'evaporazione di una piccola quantità d'acqua ma senza incrementare il contenuto di umidità dell'aria stessa. Nel componente infatti l'acqua spruzzata per ottenere l'effetto di evaporazione, non entra in contatto diretto con l'aria da inviare nel locale da raffreddare ma con un altro flusso d'aria che viene poi scaricato nell'ambiente esterno. Valori tipici per la temperatura d'aria inviata nel locale sono dell'ordine di 18-20°C.

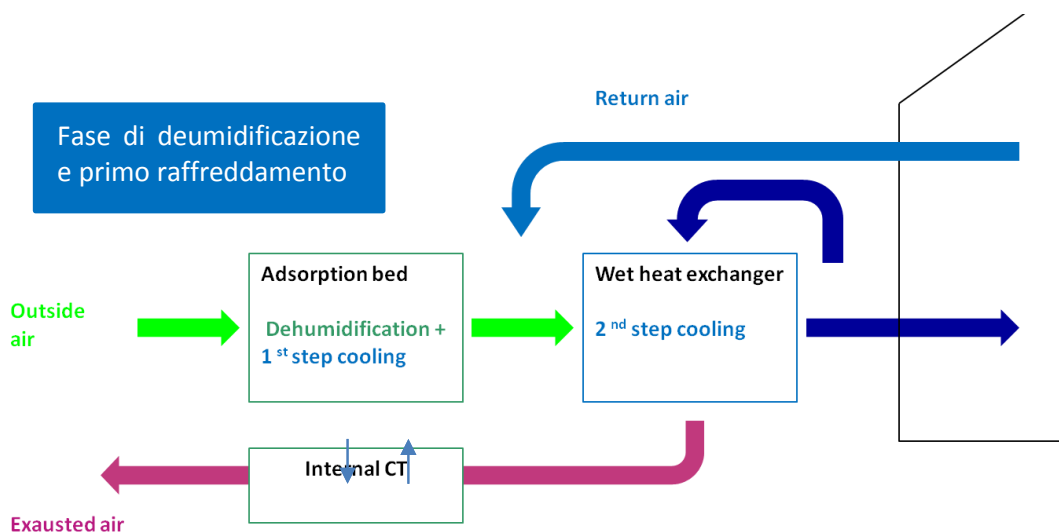


Figura 53. Funzionamento del sistema: deumidificazione e primo raffreddamento

Poiché dopo un certo tempo di funzionamento il materiale adsorbente si satura di umidità, questo deve essere "riattivato" per mezzo della fornitura di calore, così come una spugna usata per asciugare dell'acqua deve essere strizzata dopo un certo tempo di utilizzo (Figura 54). Così il calore solare è utilizzato per mantenere asciutto nel tempo il materiale essiccante. Per assicurare un funzionamento continuo del sistema sono presenti due letti adsorbenti cosicché mentre uno lavora per deumidificare l'aria, l'altro viene riattivato utilizzando il calore solare. Dopo un certo tempo di funzionamento il sistema di controllo automatico inverte il funzionamento dei due letti in modo tale da utilizzare il letto appena riattivato per deumidificare l'aria, sottoponendo l'altro alla sua riattivazione.

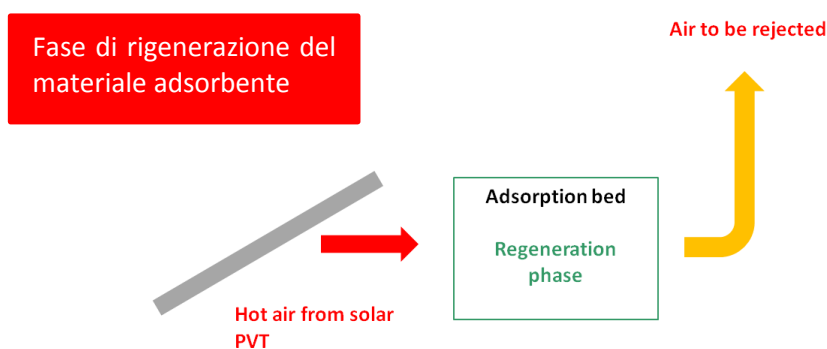


Figura 54. Funzionamento del sistema: rigenerazione del materiale adsorbente.

Al fine di rendere il sistema completamente autonomo anche nella stagione invernale, può essere integrata opzionalmente una pompa di calore all'interno del ciclo di trattamento dell'aria.

Il processo di trattamento dell'aria è descritto in maniera più dettagliata in Figura 55 dove è rappresentato il diagramma psicrometrico.

Una portata di aria esterna (1) attraversa uno dei letti adsorbenti dove è deumidificata e parzialmente raffreddata. Grazie alla simultanea trasmissione di calore e di massa, la deumidificazione è effettuata a temperatura pressoché costante (2). Successivamente, l'aria deumidificata viene miscelata con aria di ritorno dall'edificio (4), raggiungendo le condizioni di cui al punto (3). L'aria miscelata, che ha una portata pari a circa 150% della portata dell'aria fornita all'edificio, entra negli scambiatori evaporativi raggiungendo in uscita le condizioni di cui al punto (5). Per produrre l'effetto di raffreddamento, all'uscita del secondo scambiatore evaporativo, una parte della portata d'aria è deviata verso il ramo secondario del pacco di scambiatori stessi. L'energia termica dovuta al processo di adsorbimento nel letto viene ceduta al flusso d'aria in uscita dal secondario dello scambiatore evaporativo grazie al sistema di raffreddamento integrato nel sistema.

	Description	x	T	h
		g/kg	°C	kJ/kg
Process air	1 Outside air	16.0	36.0	77.2
	2 Adsorption	8.0	34.0	54.6
	3 Mixing	9.4	28.6	52.6
	5 Outlet Wet	9.4	19.0	42.8
Building	4 Return air	10.0	26.0	51.6
	5 Inlet Wet HX	9.4	19.0	42.8
Secondary air in Wet HX	6 Outlet Wet	10.7	17.0	44.2
	6 Inlet heat	18.0	24.0	69.9
Cooling tower	7 Outlet heat	25.5	29.5	94.8
	1 Outside air	16.0	36.0	77.2
Regeneration air	8 Solar	16.0	58.0	100.0
	9 Outlet	24.0	39.0	100.9

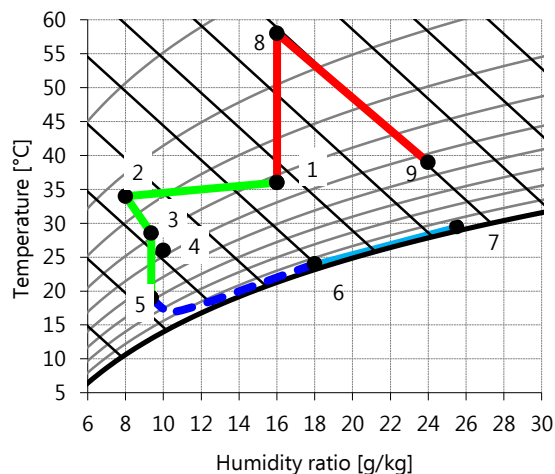


Figura 55. Descrizione del ciclo e diagramma psicrometrico

6.1.2 Pompe di calore alimentate da PV

Gli impianti di Photovoltaic Air Conditioning consistono in impianti la cui alimentazione è fornita da un impianto fotovoltaico dedicato. Essi si differenziano in base alla tipologia di connessione alla rete elettrica ed alla eventuale presenza e tipologia di un sistema di accumulo di energia.

Per quanto riguarda l'alimentazione elettrica possono essere distinte due diverse configurazioni di impianto. Il sistema può infatti essere totalmente indipendente dalla rete elettrica (off-grid), così come simultaneamente connesso ad essa (on grid), dando naturalmente priorità di uso locale al contributo fotovoltaico. Anche nella configurazione on grid l'energia generata dai moduli fotovoltaici viene direttamente utilizzata per alimentare il sistema di climatizzazione, e non, come si potrebbe pensare, immessa in rete e quindi poi utilizzata anche dal climatizzatore.

A causa delle naturali variazioni della radiazione solare a disposizione, la produzione di energia elettrica da parte del sistema fotovoltaico naturalmente non può essere né stabile né prevedibile, ma tutte le configurazioni di impianto devono poter garantire, oltre che il funzionamento nelle ore con irraggiamento solare scarso o del tutto assente, anche la compensazione delle fluttuazioni nella generazione di energia. Quanto detto è infatti valido non solo ovviamente per gli impianti connessi alla rete, ma anche per quelli off-grid mediante sistemi di accumulo dell'energia, in particolare batterie o accumulatori termici.

Nel caso di accumulo elettrico, in installazioni fotovoltaiche vengono generalmente utilizzate le cosiddette batterie "a ciclo profondo" (deep cycle battery), progettate per fornire una tensione costante man mano che la batteria si scarica. Una caratteristica peculiare di questo tipo di batterie, a differenza di quelle al

piombo più comuni, è la possibilità di scaricarle fino all'80% della loro capacità di carica totale, garantendo anche migliaia di cicli di carica-scarica.

Il numero di batterie da dover utilizzare aumenta all'aumentare della potenza richiesta in uscita e dal tempo per cui questa dovrà essere erogata; generalmente per ottenere il risultato desiderato vengono utilizzate serie di più batterie da 12V.

Come è noto, la presenza della batteria rende inoltre necessario l'inserimento di un regolatore di carica nel sistema, il "Charge Controller", la cui funzione è quella di regolare i passaggi di corrente tra modulo fotovoltaico e batteria e tra batteria e carico elettrico, proteggendo gli accumulatori da eventuali fenomeni di sovraccarico, interrompendo la corrente che vi fluisce dal modulo non appena questa risulta totalmente carica, e dalla scarica profonda.

La batteria, il regolatore di carica e, nel caso in cui il carico elettrico debba essere esercito in corrente alternata (configurazione on grid), il convertitore CC/CA, costituiscono per un sistema fotovoltaico il cosiddetto BOS (Balance of System), definito più in generale come l'insieme dei componenti elettrici necessari per il trasferimento dell'energia elettrica prodotta dal modulo fotovoltaico all'utenza.

Per quanto riguarda le modalità di alimentazione della pompa di calore si può optare per l'alimentazione in corrente alternata, in corrente continua o per entrambe (sistemi ibridi)

La Figura 56 mostra lo schema di un impianto off grid con alimentazione del compressore della pompa di calore in CC.

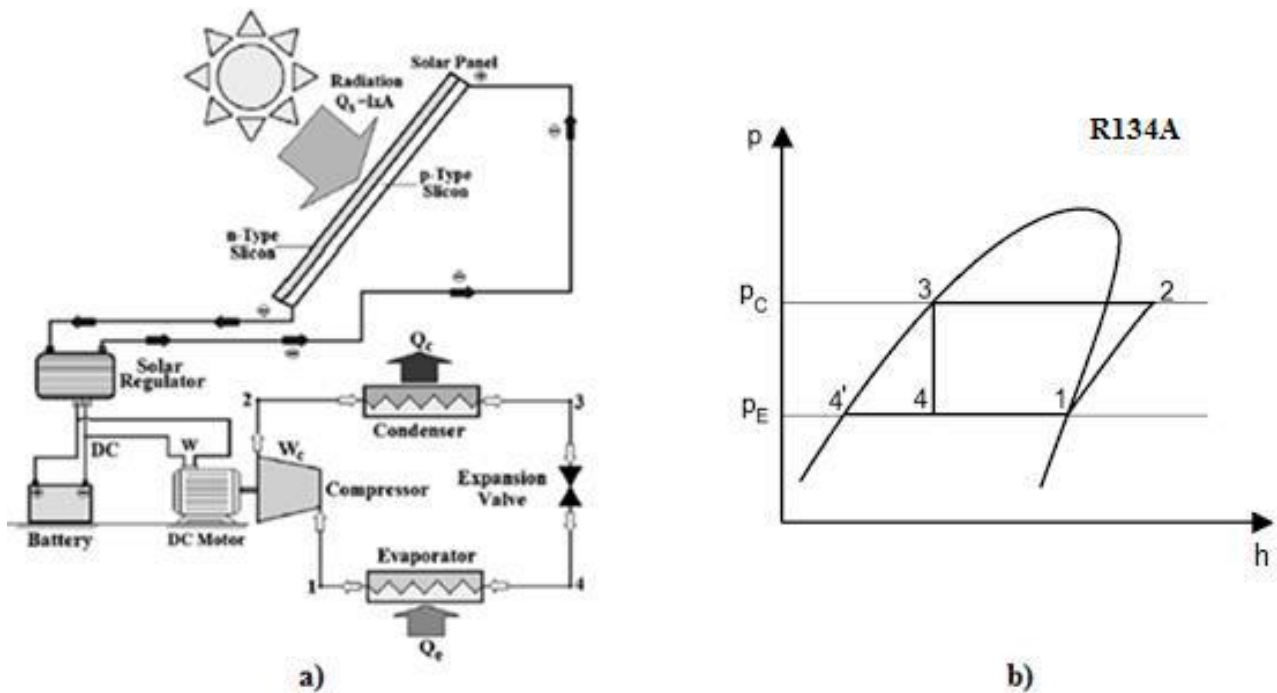


Figura 56. Impianto di PV cooling off grid in CC (48V) e ciclo frigorifero

La scelta di accumulare il calore/freddo prodotto dall'impianto di climatizzazione rappresenta un'alternativa all'utilizzo delle batterie di accumulatori di energia elettrica.

In Figura 57 è riportato uno schema di impianto on grid con accumulo termico sul lato freddo.

È possibile inoltre distinguere gli accumulatori di energia termica in due categorie: accumulatori di calore sensibile ed accumulatori di calore latente. In quest'ultimi la sostanza sfruttata per l'accumulo di calore viene chiamata PCM (Phase Change Material), letteralmente "materiale a cambiamento di fase".

Attualmente si lavora nell'approfondire alcune problematiche riscontrate nelle prime installazioni monitorate a livello internazionale allo scopo di trovare soluzioni ottimali dal punto di vista energetico ed economico per diverse tipologie di installazione in diversi contesti.

I temi su cui si sta concentrando la ricerca a livello internazionale sono quindi i seguenti:

- verificare l'efficacia degli accoppiamenti diretti PV-carico in CC in assenza di MPPT e di accumulo intermedio
- verificare vantaggi e svantaggi dell'alternativa fra accumulo elettrico e accumulo termico (caldo/freddo) nelle configurazioni in cui è previsto
- verificare e gestire l'entità dei fenomeni di mismatch mediante opportune logiche di regolazione e componenti impiantistici
- individuare configurazioni low cost e facilmente implementabili anche su impianti esistenti e già operanti

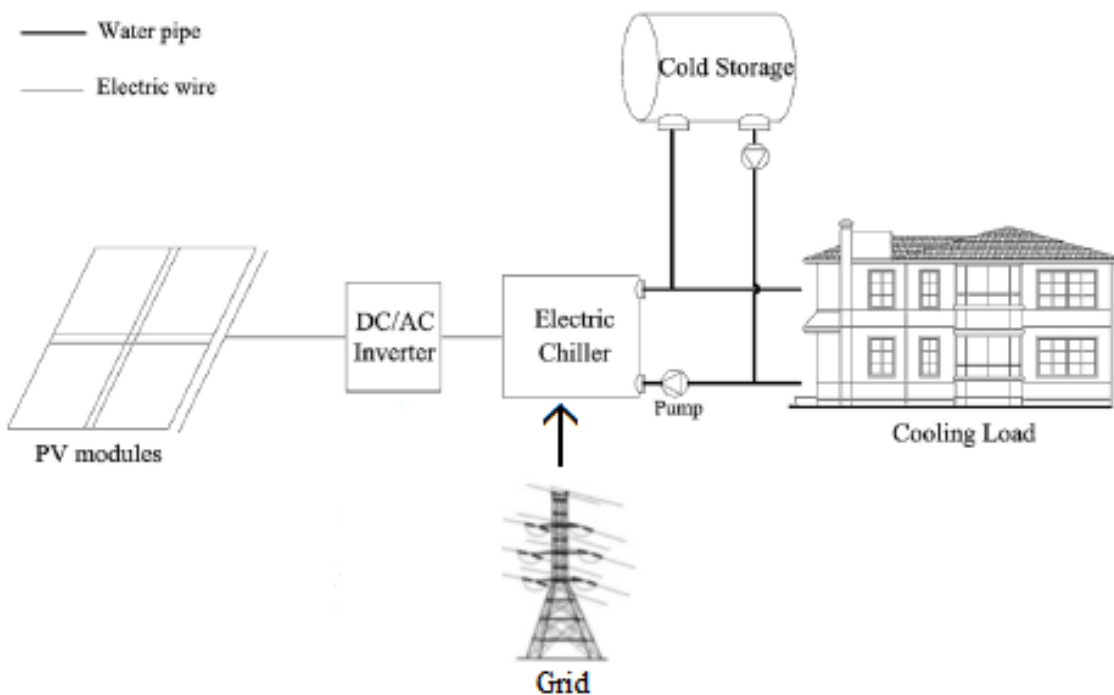


Figura 57. Impianto di PV cooling on grid con accumulo termico

In particolare nel presente studio si sono indagate, mediante dettagliate simulazioni dinamiche, alcune configurazioni impiantistiche che prevedono la presenza di un generatore fotovoltaico e di un accumulo elettrico. Si suppone che la PdC sia direttamente alimentata dal generatore e che l'accumulo sia in grado di immagazzinare la produzione elettrica in surplus allo scopo di fornirla alla PdC nelle ore in cui la produzione sia insufficiente. Il prelievo dalla rete è previsto solo negli intervalli temporali in cui né la produzione né l'accumulo sono in grado di alimentare il sistema. Altri vincoli sono relativi dal fatto che il sistema non è dimensionato per massimizzare la cessione di energia elettrica alla rete potendo eventualmente alimentare i restanti carichi elettrici dell'utenza esaminata e che inoltre la corrente elettrica proveniente dalla rete non deve mai essere utilizzata per caricare la batteria. In sintesi si è voluto verificare con quale configurazione sia possibile minimizzare il prelievo, massimizzare l'accumulo utile all'alimentazione della PdC e delle altre utenze e massimizzare il picco di potenza prelevata dalla rete dall'utenza.

6.1.3 Building integrated PV-ST

Alla luce di quanto emerso dall'analisi del sistema vincolistico, un importante spunto progettuale per le prossime annualità è sicuramente quello inerente l'integrazione delle tecnologie solari nell'involucro edilizio. Si tratta di una tematica di grande attualità ampiamente approfondita durante il *IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture* ([24], [25] e [26]). Una definizione comune accettata dalla comunità

scientifica definisce i sistemi solari integrati come quegli elementi che fungono contemporaneamente sia da componente dell'impianto per la produzione di energia (elettrica/termica) sia da componente dell'involucro edificio assolvendo a specifiche funzioni di protezione della struttura, ombreggiamento, etc. Da questo punto di vista il componente integrato può essere considerato da tre punti di vista complementari: funzionale, costruttivo ed estetico/formale. Si tratta quindi di un nuovo approccio alla tematica delle rinnovabili che potrebbe agevolare la diffusione anche in contesti come quello di Lampedusa con un elevato livello di protezione in termini paesaggistici. Gli autori del Task 41 mettono inoltre in evidenza che esistono due possibili approcci progettuali nello sviluppo di BIPV, BIST e BIPVT:

- adattare il componente impiantistico alla funzione architettonica
- adattare il componente architettonico alla funzione impiantistica

Alcuni esempi di componenti specificatamente progettati per essere integrati nell'involucro edilizio sono stati tratti da [27] e riportati nella Figura 58.

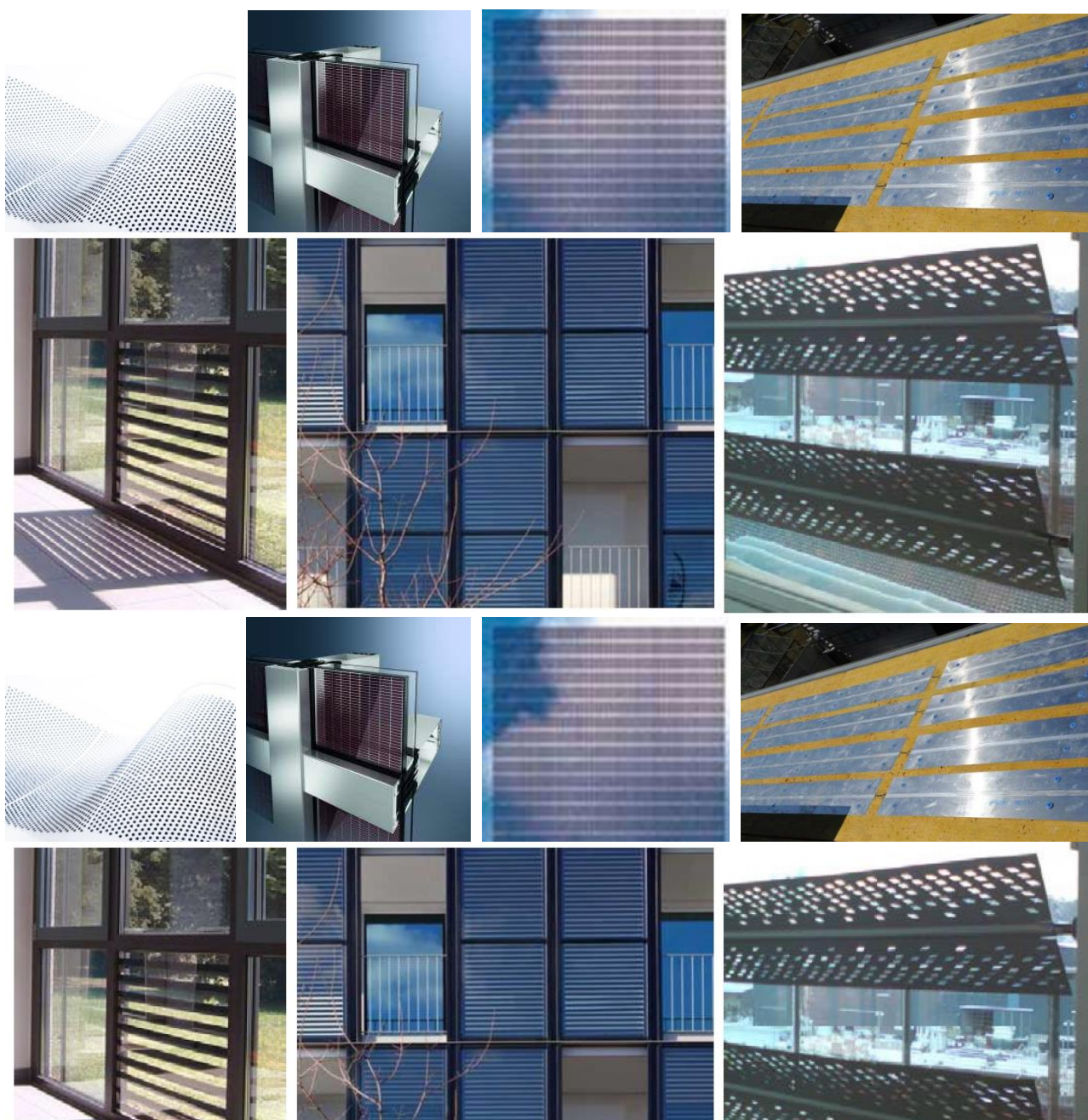


Figura 58. Esempi BIST BIPV.

6.2 Definizione di un modello per valutare l'impatto sulla rete degli interventi di efficientamento

Ogni intervento di efficientamento ha un effetto diretto sull'assorbimento di carico da parte delle utenze e quindi, se tali interventi sono molto diffusi, hanno una forte influenza sulle grandezze che caratterizzano la rete elettrica di distribuzione e la sua gestione. Data la necessità di migliorare il rendimento di generazione e distribuzione delle piccole isole, anche in seguito alle recenti disposizioni legislative e le conseguenti Deliberazioni dell'AEEGSI [28]-[32], è necessario definire una metodologia di analisi per quantificare gli impatti che tali interventi hanno sul sistema elettrico, sulla sua gestione e, soprattutto, sugli interventi di aggiornamento ed ampliamento della rete.

Infatti l'adozione di tecniche di controllo della domanda, ma anche della generazione distribuita e dei sistemi di accumulo, permette di contrastare la tendenza attuale di potenziamento delle reti elettriche e di ampliamento delle centrali di produzione basate su combustibili fossili, facendo in modo che le utenze elettriche aderenti a tali provvedimenti possano gestire in maniera più consapevole e più efficiente l'energia che assorbono dalla rete.

Lo studio e la ricerca sullo sviluppo dei programmi di controllo della domanda nel loro complesso deve essere affiancato dall'analisi dei risultati che effettivamente le applicazioni di questi hanno sul sistema di distribuzione, in che modo influiscono sull'assorbimento di potenza, in quali quantità, che spese comportano e quali permettono di evitare o posticipare, etc.

Al fine di effettuare tali valutazioni si procederà a simulare al computer la rete elettrica BT e MT di Lampedusa implementando a livello dei singoli carichi le azioni di controllo della domanda, i cui diagrammi di assorbimento giornalieri sono stati generati a partire dai diagrammi di carico misurati presso le utenze tipo e modificandoli a seconda della tecnica di controllo dei carichi assunta o dell'intervento di efficientamento energetico considerato (alcuni esempi di come questi diagrammi vengano modificati sono riportati per le utenze tipo nei successivi capitoli).

È possibile modificare i diagrammi di carico su diversi livelli:

- livello orario;
- livello stagionale, poiché è possibile articolare a seconda del periodo dell'anno i profili di carico stessi modificandone gli andamenti per stagioni stagionali;
- livello annuale, in quanto è possibile inserire anche dei trend di crescita o diminuzione della potenza assorbita ogni anno.

Per valutare gli effetti degli interventi di efficientamento sulla rete elettrica si procederà secondo gli step sotto elencati.

STEP 1: inizialmente si simulerà il comportamento della rete nel suo stato attuale, in assenza di interventi di efficientamento al fine di valutare: le perdite di energie nella rete BT e nella rete MT, le perdite di energia nei trasformatori, il carico massimo di ciascun trasformatore di distribuzione, le cadute di tensione sulla rete, i picchi di potenza assorbita, le emissioni di CO₂, eventuali situazioni di sovraccarico di cavi e trasformatori, il carico globale della centrale di produzione dell'isola in rapporto alla sua reale capacità di generazione. Il risultato della simulazione costituisce lo SCENARIO 0, cioè quello scenario che sarà preso a riferimento per valutare gli effetti degli interventi.

STEP 2: si valuteranno gli impatti che ciascun intervento di efficientamento ha sui diagrammi di carico degli utenti. In questo modo si determineranno dei nuovi diagrammi di carico da utilizzare come input nelle simulazioni del comportamento della rete.

STEP 3: si simulerà il comportamento della rete definendo diversi scenari di penetrazione dei vari interventi di efficientamento scelti. Le simulazioni tenderanno a valutare le medesime grandezze elencate allo STEP 1.

STEP 4: si calcoleranno le differenze percentuali (o i rapporti) tra le grandezze valutate nei nuovi scenari e le stesse grandezze valutate nello SCENARIO 0. I risultati delle elaborazioni saranno indicatori della bontà di ciascun intervento di efficientamento. Si darà maggior rilievo a quegli interventi che consentiranno di ridurre le perdite del sistema e il picco complessivo della rete.

Nelle simulazioni, la rete MT sarà simulata con le sue reali caratteristiche descritte nella sezione 4 del presente report, mentre la rete di BT sarà simulata considerando degli schemi radiali tipo che si differenzieranno di cabina in cabina soltanto per la sezione dei cavi utilizzati, determinata in relazione alla densità di carico dell'area servita da ciascuna cabina secondaria (Figura 59).

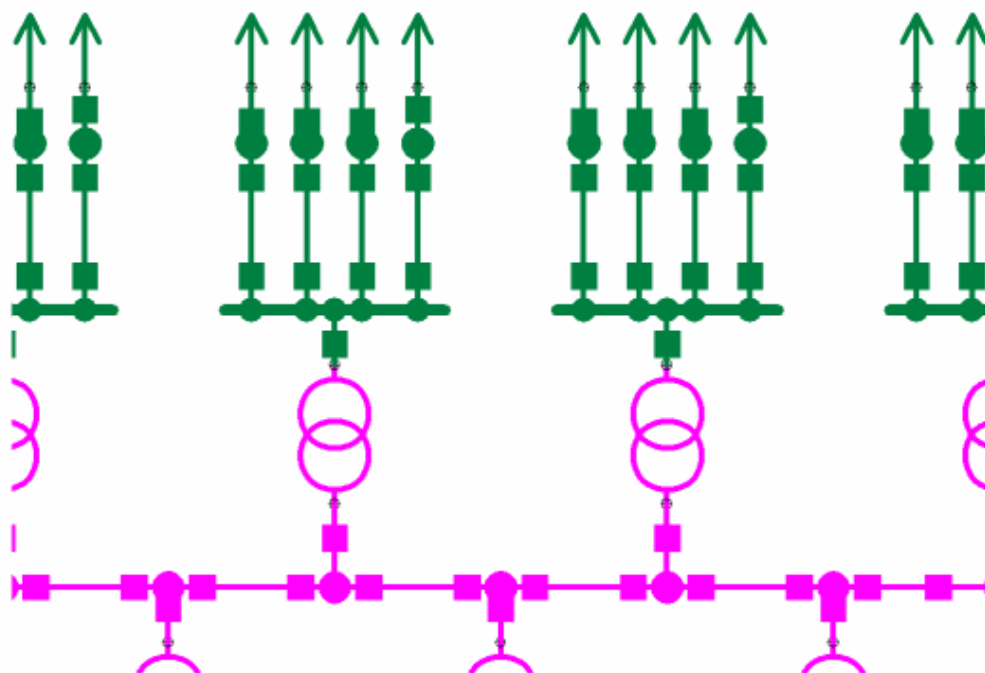


Figura 59. Zone tipo in BT derivate dalle cabine MT/BT.

Tale accorgimento, già utilizzato in letteratura [33]-[34], consente di ridurre lo sforzo computazionale senza inficiare i risultati delle simulazioni e dei calcoli che mantengono carattere generale.

6.3 Studio di logiche di aggregazione del carico elettrico e termico

6.3.1 Premessa

Nell'implementazione di interventi di efficientamento dei carichi e del sistema elettrico è importante guardare non solo al singolo utente ma al complesso di utenti che insieme costituiscono un carico elettrico aggregato. La gestione del carico elettrico aggregato attraverso appositi programmi di DR consente di avere a disposizione una domanda elastica in grado di produrre molteplici benefici sia per i partecipanti ai programmi di DR che per il sistema elettrico [35]-[36]:

- benefici finanziari, legati ai risparmi ottenuti in bolletta dai consumatori a seguito del loro minore consumo di energia quando i prezzi sono elevati o dallo spostamento del loro consumo in periodi in cui i prezzi sono più bassi. A questi risparmi possono aggiungersi degli incentivi riconosciuti dal DSO ai consumatori (o da altro soggetto) per l'adesione ai programmi di DR;
- benefici di affidabilità, ottenuti dai consumatori grazie alla ridotta probabilità di interruzione dell'alimentazione a seguito di contingenze nel sistema elettrico;
- risparmi nei costi di approvvigionamento dovuti ad un uso più efficiente delle infrastrutture esistenti del sistema elettrico;

- impatti a lungo termine sul sistema elettrico associati alla capacità delle politiche di DR di ridurre il picco di domanda differendo nel tempo gli investimenti per l'ampliamento delle infrastrutture e per la costruzione di nuovi impianti di produzione;
- benefici ambientali come la riduzione delle emissioni di gas serra legata da un lato al minore consumo di energia da parte degli utenti finali e dall'altro all'evitato impiego di impianti di generazione ad elevato tasso di inquinamento.

Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante in un contesto isolano come quello di Lampedusa dove la produzione di energia elettrica avviene totalmente a mezzo di generatori diesel.

Nel seguito viene proposta una metodologia messa a punto per la simulazione del carico elettrico aggregato dell'isola. La metodologia deriva da quanto presentato in [22] e [23]. Nei lavori citati, un dispositivo aggregatore installato in una micro-grid simula il carico aggregato con scopi previsionali, partendo da un archivio di dati precostituito.

Nel presente lavoro, mantenendo la filosofia generale dell'approccio presentato in [22] e [23], la metodologia viene adattata agli scopi dello studio e viene utilizzata non per definire le modalità di azione di un aggregatore ma per determinare le caratteristiche del carico aggregato per poter mettere a punto in un futuro studio, le logiche di controllo più idonee.

La metodologia proposta nel seguito per la modellizzazione della domanda elettrica aggregata si basa sull'analisi dei diagrammi di carico delle utenze monitorate e tiene conto della possibilità di considerare anche la presenza di generatori fotovoltaici di piccola e media taglia o sistemi di accumulo elettrico abbinati alle utenze. Utilizzando un approccio del tipo Montecarlo, i diagrammi di carico dei giorni tipo estivo ed invernale delle utenze vengono elaborati con il fine di identificare la quota flessibile (FLEX) e non flessibile (NOFLEX) del diagramma di carico aggregato di cluster di utenti omogenei.

Nella metodologia proposta, l'anno solare è stato suddiviso in due macro-periodi: estivo e invernale. Come già specificato in precedenza, il periodo estivo, nel caso specifico dell'isola di Lampedusa, è stato assunto composto dai mesi da giugno a settembre. Il periodo invernale è costituito dai restanti 8 mesi.

Il diagramma di carico è costituito da 12 valori che rappresentano la potenza media assorbita in un intervallo temporale di un'ora. Il primo elemento del vettore che rappresenta il diagramma di carico giornaliero corrisponde alla potenza media assorbita dalle ore 00:00 alle ore 00:59, il secondo elemento corrisponde alla potenza media assorbita dalle ore 01:00 alle ore 01:59 e così via.

Nei paragrafi successivi sono elencati i dati da rilevare per la corretta applicazione della metodologia proposta e sono descritti:

- l'algoritmo per la determinazione del profilo di produzione di generatori fotovoltaici installati presso gli utenti;
- l'algoritmo per la determinazione dei diagrammi di carico aggregati di cluster di utenti omogenei;
- la metodologia utilizzata per determinare i dati utilizzati dall'algoritmo suddetto.

6.3.2 Dati necessari per l'applicazione della metodologia

Per applicare la metodologia proposta, gli utenti del sistema elettrico vengono raggruppati secondo categorie omogenee dette cluster. Esempi di cluster sono: utenti domestici residenti, utenti domestici stagionali, alberghi, ristoranti, uffici, etc.

Per ogni cluster vengono definiti quattro diagrammi di carico giornalieri:

- diagramma orario della quota di carico NOFLEX per il giorno tipo invernale (I_{noflex});
- diagramma orario della quota di carico NOFLEX per il giorno tipo estivo (E_{noflex});
- diagramma orario della quota di carico FLEX per il giorno tipo invernale (I_{flex});
- diagramma orario della quota di carico FLEX per il giorno tipo estivo (E_{flex}).

La Figura 60 mostra la rappresentazione degli utenti in accordo alla metodologia proposta.

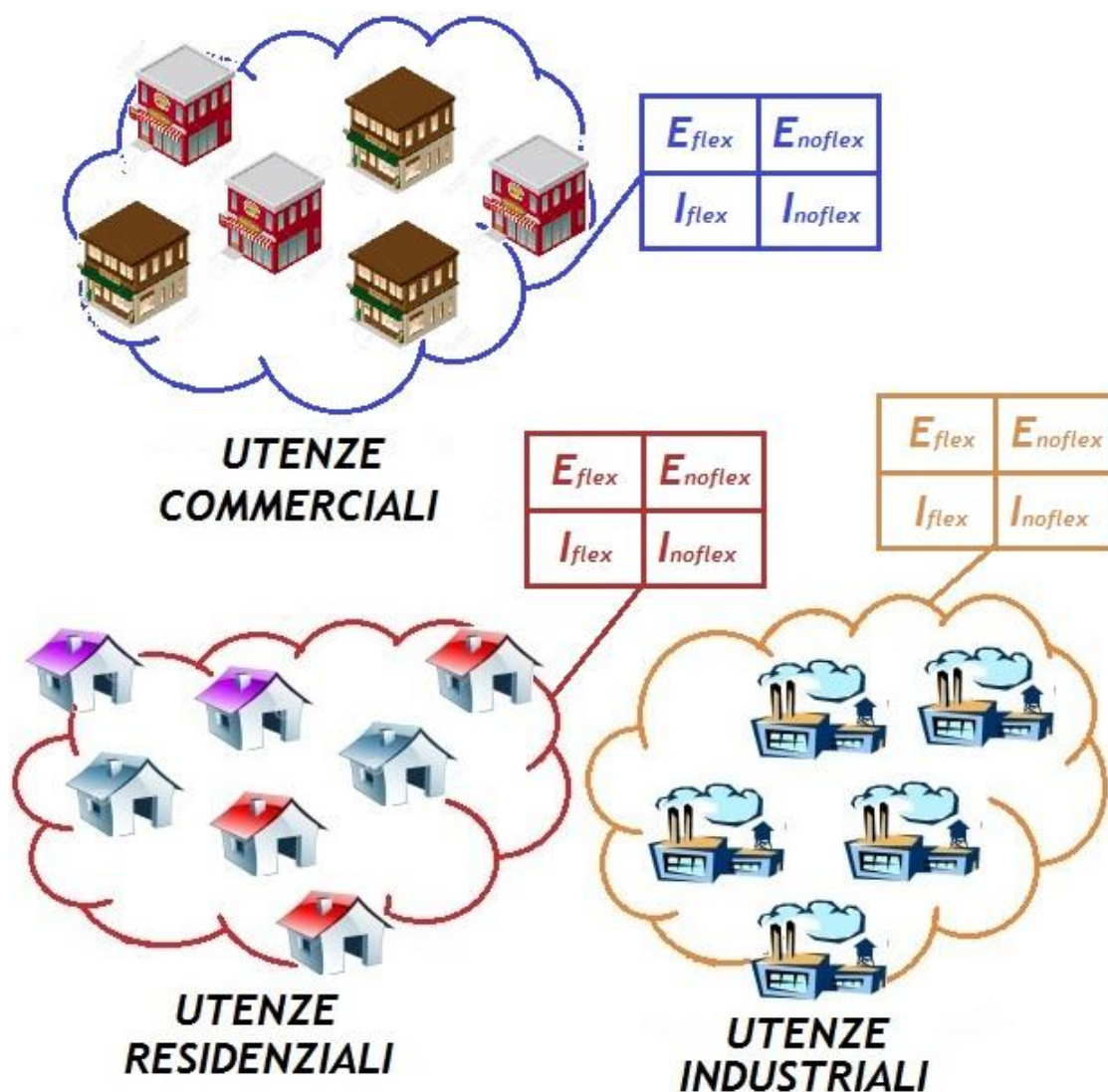


Figura 60. Suddivisione delle utenze in cluster omogenei.

La costruzione dei quattro diagrammi di carico giornalieri viene effettuata a partire dalla simulazione di un giorno tipo estivo e di un giorno tipo invernale per ogni tipologia di utenza.

La simulazione viene effettuata applicando l'approccio bottom-up messo a punto in [37]-[41] tenendo conto delle caratteristiche peculiari di ciascuna tipologia di utenza per l'isola di Lampedusa, rilevate attraverso i questionari somministrati e la campagna di misure sperimentali.

In particolare, i questionari hanno permesso di determinare le dotazioni elettriche e termiche di ciascuna tipologia di utente e le misure sperimentali hanno consentito di determinare i diagrammi di carico giornalieri tipici che sono stati utilizzati per "correggere" le distribuzioni di probabilità di utilizzo di ciascuna apparecchiatura elettrica o impianto.

Per la costruzione dei diagrammi di carico FLEX/NOFLEX sono stati considerati carichi flessibili o gestibili tutti quelli che fanno parte dell'impianto di condizionamento, gli scaldacqua elettrici, le lavastoviglie e la lavatrice. Sono carichi non flessibili i corpi illuminanti, i personal computer, gli ascensori, le stampanti, etc.

Per ogni giorno tipo il diagramma di carico FLEX/NOFLEX è ottenuto sommando, ora per ora, la potenza media nell'intervallo di tempo considerato di tutti i carichi FLEX/NOFLEX.

6.3.3 Algoritmo per la determinazione del profilo di produzione di impianti fotovoltaici

Il profilo di produzione di un impianto fotovoltaico installato presso un utente del sistema elettrico può essere determinato a partire dalla seguente espressione:

$$P_{FV}^i = P_N \cdot k_D \cdot \eta \cdot \frac{IRR^i}{1000}$$

Dove:

- P_{FV}^i è la potenza prodotta nell'ora i -esima dall'impianto fotovoltaico espressa in W;
- P_N è la potenza nominale dell'impianto fotovoltaico come definita dalla guida CEI 82-25 [42] in W;
- k_D è un coefficiente che tiene conto dell'inclinazione e dell'orientamento dei moduli FV, calcolato in accordo a [43] e i cui valori sono riportati in Tabella 25.
- η è il rendimento dell'impianto fotovoltaico che può essere assunto, cautelativamente e in accordo a [42] e [43], pari a 0,75;
- IRR^i è la radiazione solare media espressa in W/m^2 su un piano inclinato di 30° rispetto all'orizzontale e rivolto verso SUD. I valori di IRR^i sono stati ricavati dal portale "Photovoltaic Geographical Information System" [44] per il periodo estivo (EST) e per quello invernale (INV) e sono riportati in Tabella 26.

Tabella 25. Valori dei coefficienti k_D .

(Valori di k_D per angoli di inclinazione diversi da quelli riportati in tabella possono essere ricavati per semplice interpolazione)

Orientamento moduli FV	Inclinazione moduli FV			
	0°	30°	60°	90°
N	0,895	0,6	0,55	0,36
NO	0,895	0,68	0,62	0,45
O	0,895	0,83	0,76	0,55
SO	0,895	0,95	0,89	0,63
S	0,895	1,00	0,91	0,66
SE	0,895	0,95	0,89	0,63
E	0,895	0,83	0,76	0,55
NE	0,895	0,68	0,62	0,45

Tabella 26. Valori medi di irraggiamento IRR^i per l'isola di Lampedusa.

h	EST	INV	h	EST	INV
0	0	0	12	996	944
1	0	0	13	940	862
2	0	0	14	828	704
3	0	0	15	660	484
4	0	0	16	449	230
5	59	4	17	223	38
6	223	46	18	66	15
7	449	225	19	2	1
8	660	484	20	0	0
9	828	704	21	0	0
10	940	862	22	0	0
11	996	944	23	0	0

6.3.4 Algoritmo per la determinazione dei diagrammi di carico aggregati di cluster di utenti omogenei

La costruzione del diagramma di carico giornaliero aggregato di N utenti omogenei alimentati da una stessa cabina MT/BT (cluster) avviene secondo le modalità operative descritte nel seguito. La procedura va applicata per ogni cluster. La procedura non considera la presenza di impianti fotovoltaici che possono essere portati in conto successivamente.

STEP 1. Attraverso i questionari distribuiti si determinano i carichi presenti presso ciascuna tipologia di utente e si differenziano i carichi tra flessibili e non flessibili.

STEP 2. Attraverso l'analisi dei diagrammi di carico rilevati presso gli utenti e interviste agli utenti stessi, si verificano le probabilità di utilizzo dei singoli carichi elettrici.

STEP 3. Applicando l'approccio bottom-up, definito in [37]-[41] si ricavano N diagrammi di carico FLEX e NOFLEX per i quattro giorni tipo su definiti, come descritto nel seguito.

STEP 4. Si sommano gli N diagrammi di carico FLEX/NOFLEX ottenendo due diagrammi di carico giornalieri che rappresentano il carico aggregato flessibile e non flessibile degli N utenti del cluster.

I quattro step vanno ripetuti per il giorno tipo estivo e per quello invernale, pertanto per ogni tipologia di utente sono ricavati quattro diagrammi di carico aggregati $E_{aggr,flex}$, $E_{aggr,noflex}$, $I_{aggr,flex}$, $I_{aggr,noflex}$.

L'algoritmo per determinare i diagrammi di carico aggregati utilizza, per ogni giorno tipo, le caratteristiche dei carichi elettrici presenti presso l'utente, dell'impianto di riscaldamento/condizionamento, dei generatori o sistemi di accumulo e dell'involucro edilizio e si basa su un approccio del tipo Montecarlo.

L'algoritmo è composto dalle sub-routine rappresentate in Figura 61.

Le sub-routine sono le seguenti:

- MAIN: ha la funzione di gestire l'inserimento degli input, il coordinamento tra le altre sub-routine e la rappresentazione degli output di calcolo;
- ELECTRIC LOAD SIMULATOR (ELS): utilizzando le probabilità di utilizzo e i dati di targa dei diversi utilizzatori elettrici, simula la richiesta di energia elettrica giornaliera dell'utente;
- THERMAL BEHAVIOUR SIMULATOR (TBS): simula il comportamento termico dell'edificio consentendo di determinare l'eventuale fabbisogno elettrico per riscaldamento invernale o raffrescamento estivo;
- ELECTRIC SOURCE SIMULATOR (ESS): gestisce la simulazione di eventuali generatori di energia elettrica e dei sistemi di accumulo presenti presso l'utenza. Nel caso specifico si è considerata soltanto la possibilità che i generatori siano impianti fotovoltaici.

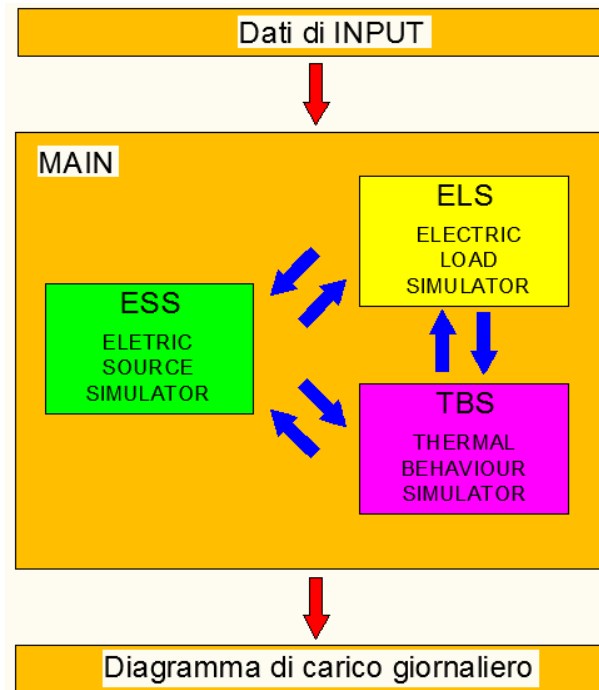


Figura 61. Struttura dell'algoritmo di simulazione.

I dati di ingresso dell'algoritmo per ogni elaborazione sono i seguenti:

- elenco dei carichi elettrici (FLEX/NOFLEX) con le relative potenze nominale e probabilità di utilizzo per ogni giorno tipo;
- giorno tipo tra i due individuati (estivo o invernale);
- caratteristiche costruttive dell'edificio;
- taglia dell'eventuale generatore fotovoltaico (potenza di picco);
- capacità del sistema di accumulo;
- dati climatici dell'isola di Lampedusa;
- numero N degli elementi del cluster.

L'algoritmo è stato implementato in Visual Basic ed è stato precedentemente testato in [41]. Esso consente di tenere conto dell'interdipendenza tra il comportamento elettrico e termico degli edifici, infatti:

- i carichi elettrici producono calore sensibile che si somma al carico termico dell'edificio;
- l'impianto di riscaldamento/raffrescamento richiede energia elettrica in funzione del fabbisogno termico/frigorifero dell'edificio.

Quanto su esposto è rappresentato nella Figura 62 e Figura 63 che mostrano i due schemi di flusso su cui si basano le sub-routine ELS e TBS, rispettivamente.

I blocchi colorati di rosso rappresentano le attività in cui i due canali si sovrappongono.

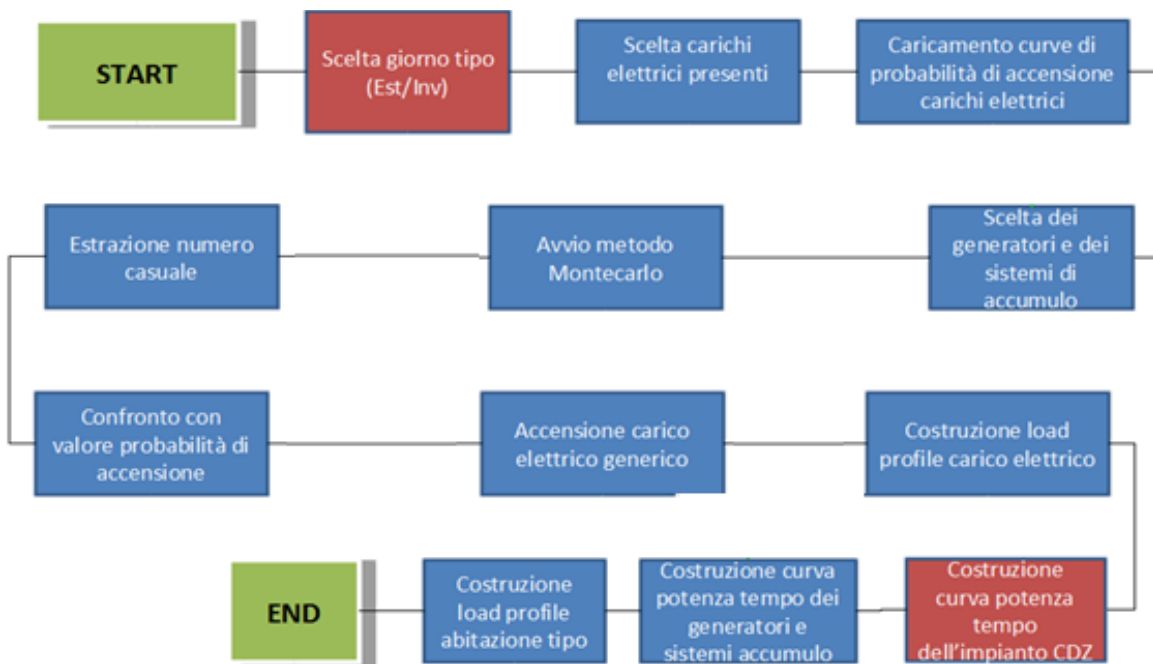


Figura 62. Schema di flusso della sub-routine ELS e interazioni con la sub-routine TLS.

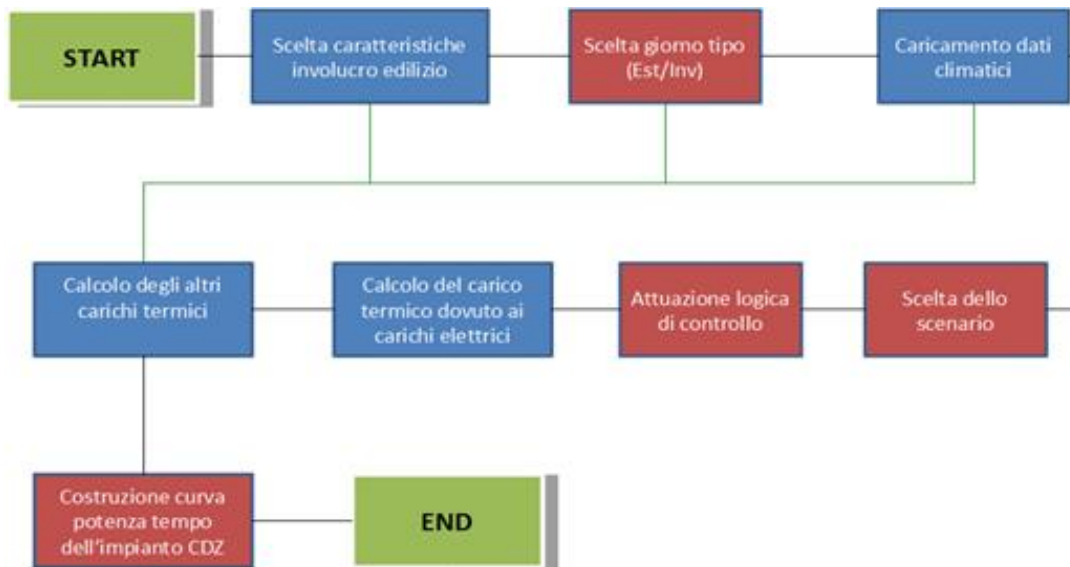


Figura 63. Schema di flusso della sub-routine TLS e interazioni con la sub-routine ELS.

La simulazione dell'edificio deve tenere conto di numerosi fattori:

- il numero di occupanti dell'edificio e la loro presenza nelle diverse ore della giornata;
- il periodo dell'anno (estivo/invernale);
- il tipo di carichi elettrici presenti ed i relativi profili di assorbimento;
- la tipologia di sistema di condizionamento/riscaldamento;
- le caratteristiche prestazionali dell'involucro edilizio;
- i dati climatici (profili di temperatura e irraggiamento) dell'isola di Lampedusa;
- la taglia dei generatori locali di energia elettrica e dei sistemi di accumulo.

Il comportamento elettrico/termico dell'edificio è simulato utilizzando l'approccio bottom-up su menzionato, dividendo il giorno tipo in 96 intervalli da 15 minuti ciascuno, in cui sono assunti costanti i parametri climatici, i carichi termici interni e la richiesta di potenza da parte dei carichi elettrici.

Sebbene i diagrammi di carico giornalieri finali FLEX/NOFLEX siano forniti con riferimento ad uno step temporale di un'ora, l'intervallo elementare di simulazione assunto pari a 15 minuti consente di tenere conto in modo più preciso anche di quei carichi il cui funzionamento è relativamente limitato nel tempo.

Data la variabilità dei dati climatici e l'aleatorietà dell'accensione ed utilizzo dei carichi elettrici l'approccio di simulazione utilizzato è del tipo stocastico.

Secondo tale approccio il diagramma di carico giornaliero è costruito a partire dal come gli occupati utilizzano ciascun carico elettrico, secondo la funzione $p(h)$ così definita:

$$p(h) = \sum_i^L P_{N,i} \cdot U_i(h) \cdot \mu_i(h)$$

dove:

- h , variabile tra 1 e 96, è l'intervallo di tempo di 15 minuti considerato;
- $P_{n,i}$ è la potenza nominale del carico elettrico i -esimo;
- $U_i(h)$ è il fattore di utilizzazione del carico elettrico i -esimo variabile tra 0 e 1;
- $\mu_i(h)$ è il profilo di utilizzazione del carico i -esimo.

Per ogni carico elettrico vengono definite:

- una frequenza di utilizzazione settimanale F_{us} , compresa tra 1 e 7, che esprime quanti giorni la settimana il dato carico viene mediamente utilizzato;
- una frequenza giornaliera che esprime quante volte il dato carico viene utilizzato nell'arco di una giornata;
- una probabilità di accensione per ogni intervallo di tempo elementare (15 minuti) di un giorno tipo, compresa tra 0 e 100 (Figura 64).

Il procedimento che permette di determinare se e quando un dato carico elettrico verrà alimentato nel giorno tipo considerato prevede i passi descritti di seguito.

STEP 1: per ogni apparecchio utilizzatore, il software di simulazione estrae un numero N_s compreso tra 1 e 7 e lo confronta con il valore di frequenza di utilizzazione settimanale F_{us} . Se si verifica che

$$N_s \leq F_{us}$$

il carico elettrico viene preso in considerazione nella simulazione del giorno tipo, in caso contrario non se ne tiene conto.

STEP 2: per ogni apparecchio utilizzatore, il software estrae un numero N_h compreso tra 0 e 100 e lo confronta con il valore di probabilità di accensione del carico elettrico P_{ah} nell'intervallo di simulazione elementare. Se si verifica che

$$N_h \leq P_{ah}$$

il carico elettrico viene alimentato a partire dall'intervallo elementare h , in caso contrario si estrae un altro numero e si ripete il confronto con il valore di probabilità di accensione dell'intervallo elementare successivo. L'operazione si ripete fino a quando la diseuguaglianza precedente risulta verificata.

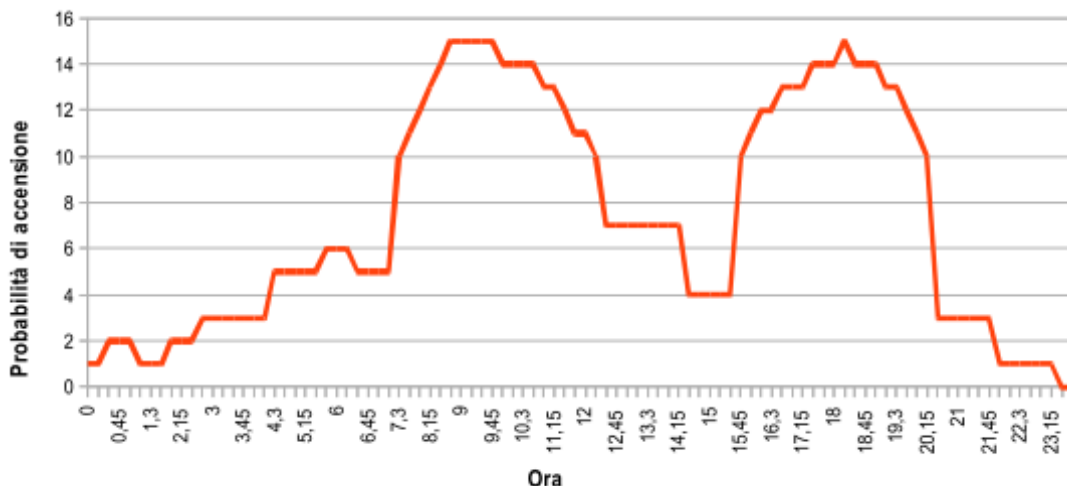


Figura 64. Esempio di curva di probabilità di accensione di un carico elettrico in un giorno tipo.

STEP 3: il profilo di carico delle apparecchiature elettriche che appartengono all’impianto di riscaldamento/raffrescamento è determinato sulla base del fabbisogno di energia termica/frigorifera nei singoli intervalli di tempo elementari, in dipendenza dei parametri climatici esterni, e non in base a curve di probabilità di utilizzo degli impianti.

STEP 4: il diagramma di carico complessivo dell’edificio viene determinato come somma dei singoli diagrammi di carico degli apparecchi utilizzatori.

La Figura 65 mostra il principio della costruzione del diagramma di carico giornaliero FLEX/NOFLEX dell’utente a partire dai profili di assorbimento dei singoli utilizzatori.

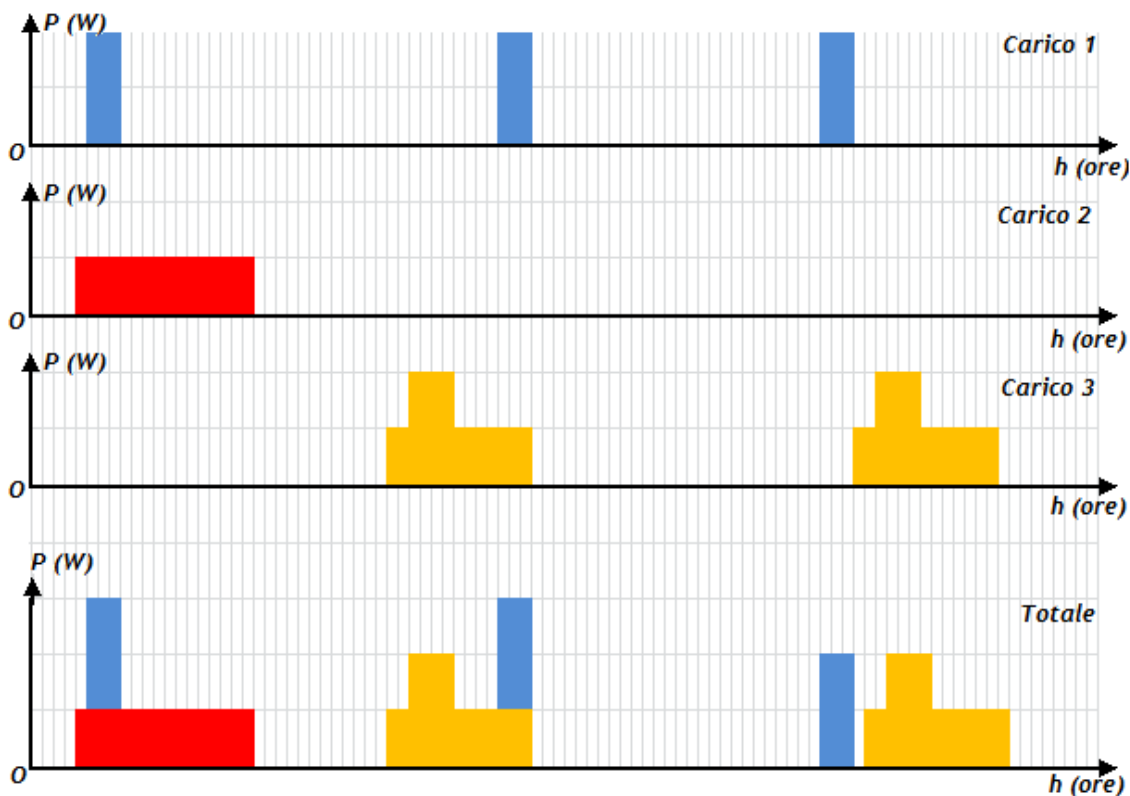


Figura 65. Esempio di applicazione dell’approccio bottom-up per la costruzione del profilo di carico giornaliero FLEX/NOFLEX.

7 Analisi dell'applicabilità di tecnologie innovative nelle utenze rappresentative

7.1 Premessa

Per le utenze individuate nei paragrafi 3.2 e 3.3 sono stati realizzati dei modelli di simulazione dinamica con il software TRNSYS in grado di simulare e replicare il comportamento termofisico del complesso edificio-impianti. Tali modelli, in prima istanza calibrati sui dati di bolletta e, ove possibile, sui dati rilevati strumentalmente, sono stati utilizzati per verificare la fattibilità e le prestazioni di sistemi per la produzione da FER con lo scopo di ridurre la domanda di energia elettrica e di fonti convenzionali. Inoltre si sono anche verificate preliminarmente alcune soluzioni di Building Automation. Lo scopo è stato quello di valutare l'integrazione di nuovi sistemi in grado di ridurre il carico elettrico per la climatizzazione mediante tecnologie che impieghino il vettore termico o energia termica/elettrica autoprodotta (pompe di calore solar driven, climatizzatori heat driven, etc.). Ciò ha comportato anche l'individuazione di soluzioni ottimali per la produzione, accumulo ed utilizzazione dei vettori energetici a scala di edificio, sviluppata tenendo conto delle peculiarità degli edifici rappresentativi e delle criticità (es. fluttuazione del carico stagionale, ecc.) che caratterizzano le reti elettriche nelle isole minori.

I modelli di simulazione sono stati quindi calibrati tenendo conto delle rilevazioni effettuate sul fabbisogno di energia elettrica in-situ e per ciascuna utenza sono stati valutati i seguenti interventi di retrofit:

- 6) **Soluzione 1:** Impianto solare termico per la produzione di ACS con integrazione elettrica (utenza domestica) o PdC
- 7) **Soluzione 2.** Unità trattamento aria o sistema compatto freesco (cap. 5) per il condizionamento estivo e invernale del tipo Desiccant and Evaporative Cooling System a letti raffreddati e rigenerati mediante calore prodotto da apposito impianto solare termico idoneo anche alla produzione di ACS
- 8) **Soluzione 3.** Impianto fotovoltaico per l'autoproduzione di energia elettrica a servizio della pompa di calore e degli altri impianti;
- 9) **Soluzione 4.** Impianto di illuminazione LED con controllo automatico di accensione basato sull'illuminamento naturale disponibile;
- 10) **Soluzione 5.** Controlli BAC per gestione carichi programmabili (elettrodomestici, apparecchiature varie).

I dati meteorologici, infine, fanno riferimento ad un anno climatico medio generato dal software METEONORM.

7.2 Utenza 1: Appartamento all'interno del nucleo urbano

7.2.1 Stato di fatto, calibrazione del modello

L'utenza 1, corrispondente all'utenza r2 della Tabella 19, si trova all'interno di una palazzina, non isolata termicamente, che si sviluppa su due livelli. La palazzina dalla forma rettangolare allungata si colloca all'interno di un isolato composto da case a schiera e pertanto sui lati lunghi confina con altri due edifici per tutta la sua altezza. Si tratta di una costruzione in muratura portante all'interno del nucleo storico, verosimilmente realizzata con materiali del luogo (pietra calcarea proveniente dalle cave ormai dismesse). Al secondo livello si colloca l'utenza r3, anch'essa facente parte delle utenze censite mentre al piano terra si trova, oltre l'utenza r2, anche un negozio di circa 25 m² non oggetto del presente studio. Il primo livello occupa le dimensioni del lotto (35 m x 10 m) mentre il secondo livello occupa all'incirca metà del lotto. In entrambi i casi, alla copertura praticabile si accede attraverso ulteriori volumi tecnici. I due appartamenti così descritti, a livello volumetrico formano quindi due blocchi: la parte prospiciente la strada principale si sviluppa interamente su due livelli, mentre quella retrostante per un solo livello. In Figura 66 si riporta lo schema, in sezione longitudinale, delle utenze che compongono la palazzina rispetto all'andamento volumetrico descritto.

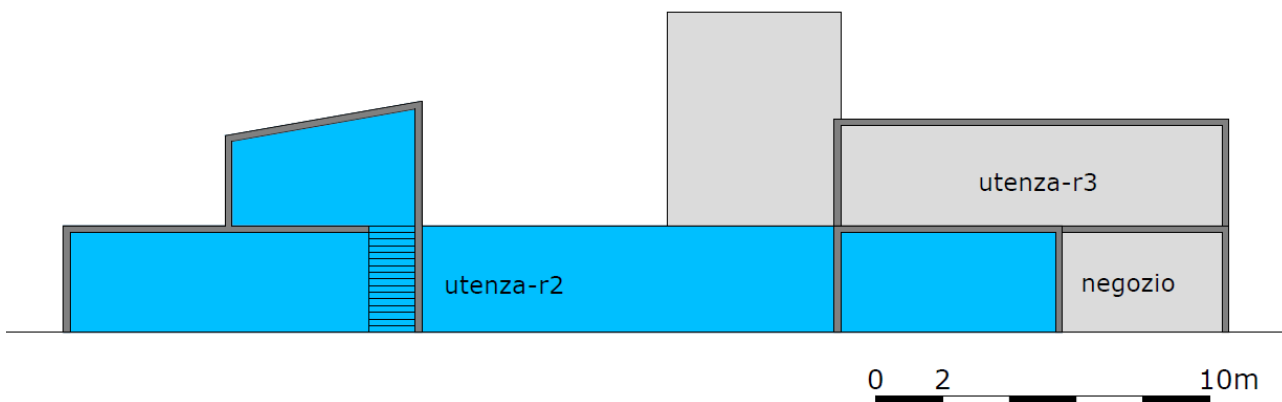


Figura 66. Schema in sezione delle utenze presenti nella palazzina.

L’utenza r2 situata a piano terra ha quindi una superficie coperta di circa 250 m² occupata stabilmente da due residenti durante l’intero anno, mentre l’utenza al piano superiore di circa 120 m² è occupata principalmente da 2 persone e occasionalmente da 4. Ciascuna di essa è dotata di un proprio contatore con alimentazione monofase da 3kW.

Ai fini della valutazione dei consumi elettrici all’interno dell’isola, i consumi totali della l’utenza-r2 e i suoi consumi ai fini dell’acqua calda sanitaria sono stati monitorati a partire da metà giugno 2016.

Dal sopralluogo e dalla lettura dei dati riportati nel questionario è stato quindi possibile schematizzare la dotazione impiantistica. Si nota innanzitutto che non sono presenti impianti che sfruttino le energie rinnovabili, la climatizzazione è infatti affidata a delle pompe di calore mentre la produzione di ACS a uno scaldabagno elettrico, Tabella 27. A questi si aggiungono, le principali apparecchiature elettriche che sono riassunte in Tabella 28.

Tabella 27. Dotazione impiantistica per climatizzazione e ACS.

confronto	utenza-r2		utenza-r3	
	tipo	anno installazione	tipo	anno installazione
ACS	scaldabagno elettrico	2014 (80 litri)	scaldabagno elettrico	1012 (80 litri)
riscaldamento	PdC		stufa GPL	
raffrescamento	PdC	2008 (2.6 kW)	PdC	2011 (2 x 3.5 kW)

Tabella 28. Elettrodomestici e illuminazione

confronto	utenza-r2		utenza-r3	
	(numero)		(numero)	
frigorifero	1		1	
TV	2		3	
lavatrice	1		1	
lavastoviglie	1		0	
forno elettrico	1		1	
forno microonde	1		0	
ventilatori	1		1	
autoclave e pompa a immersione	1+1 (totale 2kW)		1+1	
lampade	alogene		x	
	incandescenza		2	
	LED		6	
			8 interne + 1 esterna	

Per quanto concerne il modello di simulazione, si propone la zonizzazione in Figura 67. Obiettivo principale è, infatti, quello di determinare a seconda della destinazione d’uso dell’ambiente il consumo elettrico ai fini del condizionamento degli ambienti e i consumi elettrici per elettrodomestici e illuminazione. Pertanto sia

la zona ingresso (non chiusa verso l'esterno) sia il negozio al piano terra e l'utenza al piano superiore, non direttamente oggetto del presente studio, sono intesi come zone termiche che concorrono a definire le condizioni a contorno dell'utenza 1 in esame. Quest'ultima, a sua volta, è suddivisa in più zone termiche in modo da poter ottenere il voluto livello di dettaglio sia in fase di analisi dello stato di fatto sia in fase di studio delle possibili alternative a livello di retrofit energetico. Si è scelto quindi di suddividere gli spazi in relazione alla destinazione d'uso in modo da poter predisporre delle apposite schedule che ne regolino l'occupazione da parte dei residenti e di conseguenza i consumi energetici. Gli output del modello sono quindi:

- $E_{PdC,el}$: consumo del sistema split connesso con la zona salone;
- $E_{ACS,el}$: consumo dello scaldabagno per la produzione di ACS;
- $E_{ill,el}$: consumo degli apparecchi illuminanti;
- $E_{altro,el}$: consumo degli elettrodomestici e altri consumi (es. autoclave, pompa sollevamento,...).



Figura 67. Pianta delle utenze e zonizzazione della palazzina ai fini della simulazione

L'edificio nei suoi aspetti geometrico-costruttivi è stato elaborato attraverso il type 56 di Trnsys e modellato in TrnBuild. Tenuto in considerazione i sopralluoghi effettuati e il fatto che si tratta di un edificio all'interno del nucleo storico recentemente ristrutturato, si è ipotizzato un edificio in muratura portante,

realizzata in pietra calcarea ad alta densità e intonacata da entrambi i lati, solai in latero-cemento e infissi a doppio vetro in alluminio con taglio termico (Tabella 29).

Dal punto di vista del calcolo si è poi considerato come da normativa UNI 11300 un apporto interno medio di 9 Wm^{-2} in soggiorno/cucina e di 3 Wm^{-2} nei restanti ambienti. Per gli ambienti abitati è stato poi previsto un ricambio d'aria all'ora pari a 0.33 V/h. Fa eccezione la zona termica delineata come negozio. Nei fatti questa è una zona buffer fra l'abitazione vera e propria e l'esterno, introdotta per potere meglio definire gli scambi attraverso l'involucro dell'edificio. Essa comprende sia un negozio (non climatizzato) sia l'ingresso all'abitazione vera e propria entrambi con ampie aperture verso la strada che risultano nei fatti aperte e direttamente comunicanti con l'esterno, pertanto si è scelto di introdurre un elevato grado di ventilazione pari a 0.8 V/h.

La zona termica corrispondente all'appartamento al piano superiore, anch'essa provvista di sistema split per la climatizzazione, si allinea con quanto previsto per le zone termiche dell'utenza oggetto di studio per quanto riguarda apporti interni e ventilazione imponendo una temperatura di set-point dell'impianto di climatizzazione pari a 26°C durante la stagione di raffrescamento e di 20°C nella stagione di riscaldamento. Lo scambio termico verso gli edifici adiacenti infine è regolato considerando la temperatura di questi pari a quella della zona termica al piano superiore.

Tabella 29. Stratigrafie dell'involucro edilizio

Elemento	strati	s [m]	λ [$\text{W}(\text{mk})^{-1}$]	ρ [kg m^{-3}]	U [$\text{W}(\text{m}^2\text{k})^{-1}$]
Muratura portante	Intonaco	0.04	0.900	1800	2.90
	Muratura	0.30	3.500	2800	
	Intonaco	0.03	0.700	1400	
Solaio contro-terra	Pavimentazione	0.01	1.000	2300	1.3
	Massetto in malta cementizia ⁽¹⁾	0.06	0.220	500	
	Platea in malta di calce e cemento	0.10	0.300	800	
	Drenaggio in ghiaia ⁽²⁾	-	-	-	
Solaio latero-cemento	Pavimentazione ⁽³⁾	0.01	1.000	2300	1.3
	Massetto	0.06	0.220	500	
	Latero-cemento	0.18	0.600	950	
	Intonaco	0.03	0.700	1400	

(1) Tra il massetto in malta cementizia e in malta di calce è di norma inserito uno strato di tenuta all'acqua non influente ai fini del calcolo termico e pertanto trascurato nella simulazione; (2) Come condizione a contorno per il solaio contro-terra si è scelta la condizione $T=T_{\text{terrenor}}$ opportunamente calcolata; (3) Per il solaio di copertura si è considerata la finitura con guaina bituminosa presente, così come da sopralluogo

La stagione di riscaldamento segue le normative nazionali mentre per il raffrescamento si considerano i mesi complementari. Definito quindi l'edificio nei suoi dettagli di base, il modello complessivo è quello riportato in Figura 68 e comprende i seguenti componenti principali:

- La pompa di calore aria-aria da 2.6 kW installata nella zona termica salone nel 2008 con i relativi schedule di utilizzo e termostati (uno per la modalità riscaldamento e l'altro per la modalità raffrescamento) basati sulle letture della temperatura della zona in esame;
- La macro ACS finalizzata a simulare i consumi dello scaldabagno elettrico in base ai profili di utilizzo (*schedule control*) e alla temperatura del serbatoio (*aquastat control*);
- La macro "altro_elettrico" che racchiude i type finalizzati ad ottenere i consumi elettrici delle principali apparecchiature presenti nell'abitazione con i relativi schedule che ne condizionano l'utilizzo;

- La macro “light” che racchiude una serie di type finalizzati ad ottenere i consumi elettrici per l’illuminazione degli ambienti con i relativi schedule che ne condizionano l’utilizzo.

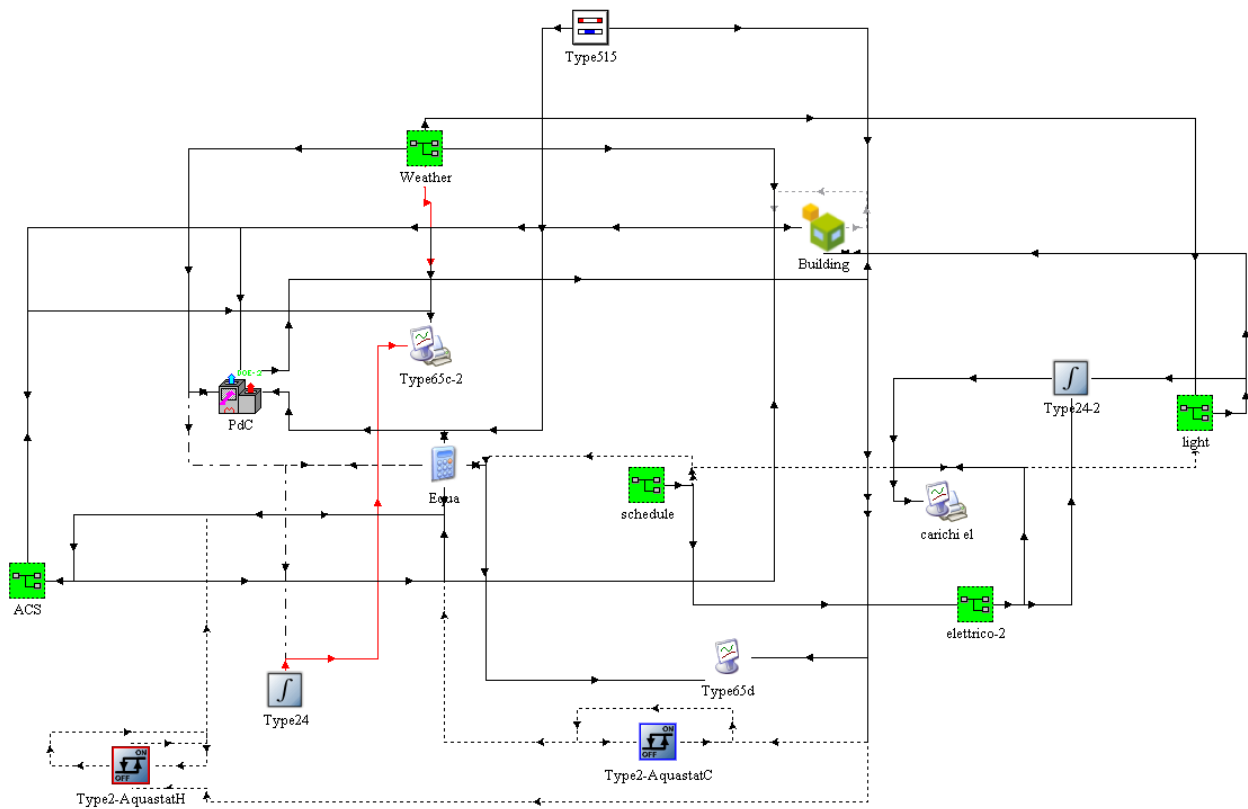


Figura 68. Modello Trnsys.

Un punto focale della simulazione riguarda la definizione delle schedule che regolano l’accensione/spegnimento dei vari elementi. Nel caso specifico i consumi sono, infatti, strettamente connessi con le abitudini degli utenti. Grazie alla disponibilità degli utenti si è quindi potuto ottenere un profilo di utilizzo quanto più aderente alla realtà che è stato poi raffrontato con i dati di bolletta forniti da S.EL.I.S (analizzati nel 5.4.1, *utenza r2*) e, anche se parziali, con i dati derivanti dal monitoraggio (analizzati nel paragrafo 5.5.1). Questo ha indotto a introdurre una prima regola generale nel settaggio delle schedule giornaliere (G_{FES} per i giorni festivi e G_{FER} per i giorni feriali). Su base annuale è stato infine fatto un altro assunto che ha portato all’introduzione di una schedule mensile, Figura 69. In generale si è supposto che i dati di bolletta esprimono un indice di occupazione dell’abitazione bimestre per bimestre. Si è, quindi, introdotto un fattore di utilizzo (f_u), calcolato come valore di consumo bimestrale normalizzato rispetto al massimo valore di consumo rilevato. Questo ha permesso di tenere in considerazione la variazione di consumi secondo:

$$C_i = C_{ibm} f_u$$

dove C_{ibm} è il consumo del generico elemento calcolato secondo le schedule giornaliere nel bimestre e f_u è il fattore di utilizzo descritto e riportato in Figura 69.

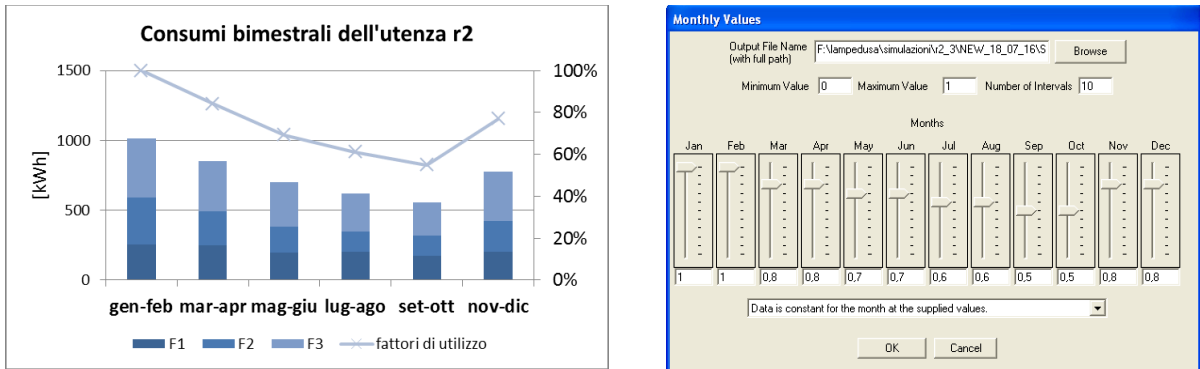


Figura 69. Consumi bimestrali e schedule di utilizzo.

Definiti gli schedule di utilizzo si è usato, il type 966, basato sull'approccio DOE-2, per la modellazione di un sistema split. Questo metodo si basa sull'impiego di un set di curve normalizzate che permettono di scalare i valori nominali di COP e EER in funzione delle reali condizioni di esercizio.

Si tratta di: due funzioni biquadratiche che legano la capacità termica totale e l'energy input ratio (EIR=1/COP) alla temperatura dell'aria esterna e alla temperatura a bulbo umido del flusso in ingresso; due funzioni quadratiche che legano i precedenti termini al rapporto fra portata reale e quella nominale e, infine, un'equazione quadratica che lega il carico parziale al rapporto fra il carico di raffreddamento sensibile e la capacità totale di raffreddamento alle condizioni del time-step considerato.

Il type richiede quindi in ingresso i parametri in Figura 70 che sono stati scelti in base alla potenza installata rilevata durante i sopralluoghi e in base alle caratteristiche di una pompa di calore derivate dal catalogo del 2008, anno di installazione. Oltre questi dati sono stati quindi settati i coefficienti delle equazioni sopra descritte in modo da rispecchiare il comportamento della pompa di calore.

Il controllo on/off è stato infine modellato secondo una funzione logica del tipo SE che tiene in considerazione gli output dagli schedule precedentemente descritti (G_{FES} e G_{FER}), il type 515 che permette di distinguere fra funzionamento in heating e cooling (ACC_C, ACC_H), il type 1503 per il termostato (CTRL_C, CTRL_H). In questo modo la PdC si attiva, a seconda della stagione, in modalità riscaldamento/raffreddamento solo nel caso in cui la temperatura della zona sia inferiore/superiore alla temperatura di set point (con un buffer di 2°C) e, infine, solo se la zona è effettivamente occupata.

Parameter	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Bypass Fraction	0.1	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Total cooling capacity	9500	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Sensible cooling capacity	6500	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Cooling Energy Input Ratio (EIR)	0.2325	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Total heating capacity	11500	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Heating Energy Input Ratio (EIR)	0.2320	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Time constant	1.	hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
8	TC1 Coefficient	1	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 70. Pompa di Calore, approccio DOE.

I consumi per la **produzione di ACS** sono stati valutati attraverso l'utilizzo di due type interconnessi: un serbatoio isolato di 80 litri connesso con una resistenza elettrica da 1200W che si attiva grazie ad un controllo da termostato, tenendo in considerazione l'utilizzo di ACS nelle ore del giorno. I consumi di acqua calda in termini di litri al giorno sono stati quindi valutati tenendo sia attraverso la normativa UNI 11300 sia dalla rielaborazione dei dati di approvvigionamento idrico dell'isola e sono stati equamente distribuiti tenendo in considerazione i dati del monitoraggio effettuato nei mesi di luglio e agosto.

Per quanto riguarda gli **altri consumi elettrici**, il modello di simulazione propone una valutazione basata su due macro: una per i consumi dovuti all'illuminazione (macro denominata *light*) e una per i consumi dovuti alle apparecchiature principali (macro denominata *altro_el*).

Nel primo caso è stato utilizzato il "Type 727" specificatamente pensato per valutare gli apporti interni dovuti all'illuminazione e i conseguenti consumi elettrici. Questo type richiede, oltre ai parametri di potenza installata, due segnali di controllo digitali interdipendenti fra loro (*Occupancy and daylight control*).

Nella macro *light* si sono inseriti, quindi, tanti types quante sono le zone termiche presenti nel modello per l'utenza in esame (Figura 71) mentre i due segnali sono serviti a valutare in contemporanea: la presenza degli utenti all'interno degli ambienti e l'altro la quantità di luce diurna al di sotto della quale si rende necessaria l'illuminazione artificiale. Riguardo quest'ultimo controllo, in prima approssimazione, si è scelto di utilizzare la seguente correlazione fra la radiazione globale sul piano orizzontale per la località in esame (H_{gl}) e all'illuminamento all'interno degli ambienti con un Daylight Factor (DF) pari al 2%:

$$I_{indoor} \approx H_{gl} \cdot 100 \text{ lux/W} \cdot DF \quad [40]$$

Durante la fase di calibrazione, tale valore limite è stato fissato per tutti gli ambienti a 500 lux, mentre le schedule di occupazione ripropongono i valori precedentemente inseriti per il sistema split per il salone e introducendone delle nuove per gli altri ambienti.

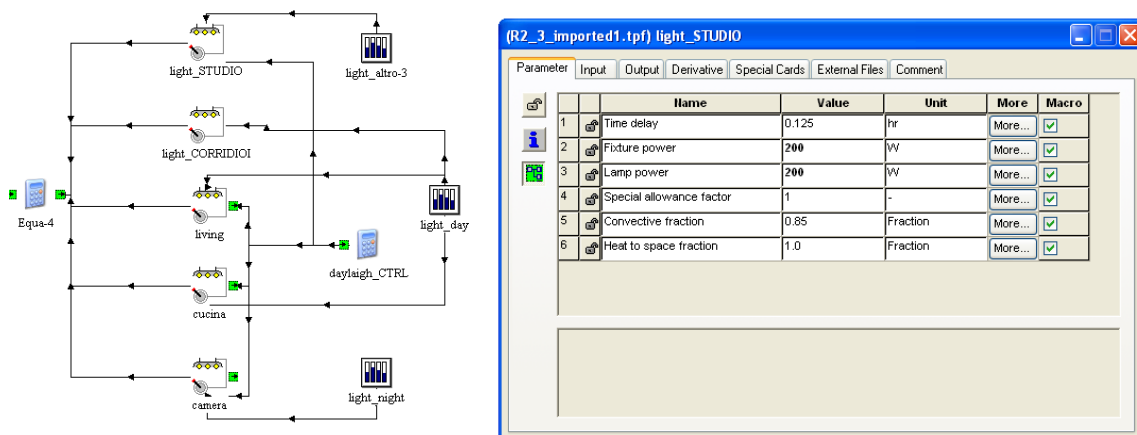


Figura 71. Macro "Light".

Noto quindi che gli ambienti sono prevalentemente illuminati con lampade fluorescenti a basso consumo e nota la resa in lumen degli apparecchi in commercio al variare della loro potenza si è valutato la potenza installata richiesta per ciascuna zona:

$$P_{(W,zone)} = \Phi_{(lum,zone)} / \Phi_{(lum,lamp)} \times P_{(W,lamp)} \quad FU$$

dove $\Phi_{(lum,zone)}$ è il flusso luminoso richiesto in base al compito visivo in relazione alla superficie della zona, $\Phi_{(lum,lamp)}$ è il flusso erogato dalla sorgente luminosa di nota efficienza luminosa, $P_{(W,lamp)}$ la corrispettiva

potenza e FU un fattore di utilizzo che tiene conto della contemporaneità di accensione di tutti i corpi illuminanti nella zona.

Nella macro *altro_el* sono infine valutati i consumi degli elettrodomestici presenti nell’abitazione la cui valutazione si basa sui dati riportati nella Tabella 30. Fra tutti dati elaborati con il software TiDOMUS descritto nel precedente capitolo sono state selezionate le apparecchiature presenti nella casa, i cui consumi sommati ora per ora sono stati inseriti come dati di input in Trnsys e associati alle schedule di utilizzo, derivate dalla stessa Tabella 30. Per quanto riguarda gli elettrodomestici e le apparecchiature presenti nell’abitazione, si è scelto di raggruppare i vari elementi in 6 gruppi in relazione al tipo di utilizzo e alle possibili applicazioni BAC in fase di retrofit energetico:

- costante, include la categoria “monitor e LED” e il frigorifero;
- giornaliero, include le apparecchiature che giornalmente vengono utilizzate quali quelle presenti nelle categorie “PC” e “TV+VHS+DVD”;
- altro_cucina, include tutti gli elettrodomestici utilizzati giornalmente in cucina (microonde, cappa, tostapane e forno elettrico);
- autoclave/autopompa;
- lavatrice;
- lavastoviglie.

Gli ultimi due sono stati appositamente tenuti separati dagli altri in modo da poter successivamente applicare logiche BAC al loro utilizzo.

Tabella 30. Consumi tipici degli elettrodomestici [W].

[Wh]	00:00:00	01:00:00	02:00:00	03:00:00	04:00:00	05:00:00	06:00:00	07:00:00	08:00:00	09:00:00	10:00:00	11:00:00	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
ill. ingresso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. soggiorno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. cucina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. corridoio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. bagno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. camera piccola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. camera grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ill. terrazzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hi-Fi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV+VHS+DVD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monitor e LED	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Microwave oven	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
Cappa aspirante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	0	0	0	0	0	28	113	0	0	0	0
Dishwasher	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	533	906	0	0
Ferro da stiro	0	0	0	0	0	0	0	0	200	500	0	380	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Washing machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tostapane	0	0	0	0	0	0	83	83	83	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0
Electric oven	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fridge+Freezer	27	0	27	0	27	0	27	87	87	0	0	0	27	87	87	0	27	0	27	173	48	48	0	27
El. St. water heater	0	0	0	0	0	250	1250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
costante	67	40	67	40	67	40	67	127	127	40	40	67	127	127	40	67	40	67	213	83	83	40	67	40
giornaliero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	167	0	0
altro_cucina	0	0	0	0	0	0	83	183	283	500	0	547	262	553	0	0	0	0	748	113	0	0	0	0
autoclave/autopompa	166.7	166.7	166.7	166.7	166.7	166.7	166.7	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3	333.3
lavatrice	0	0	0	0	0	0	0	0	383	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lavastoviglie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	533	906	0	0

Definito quindi il modello di calcolo si è proceduto con una sua calibrazione (Figura 72) in base ai dati bimestrali di bolletta forniti da S.EL.I.S. per l’anno 2015. L’errore derivato dalla simulazione è compreso fra +10% e -18%, mentre su base annuale si attesta a -4% rispetto ai consumi reali.

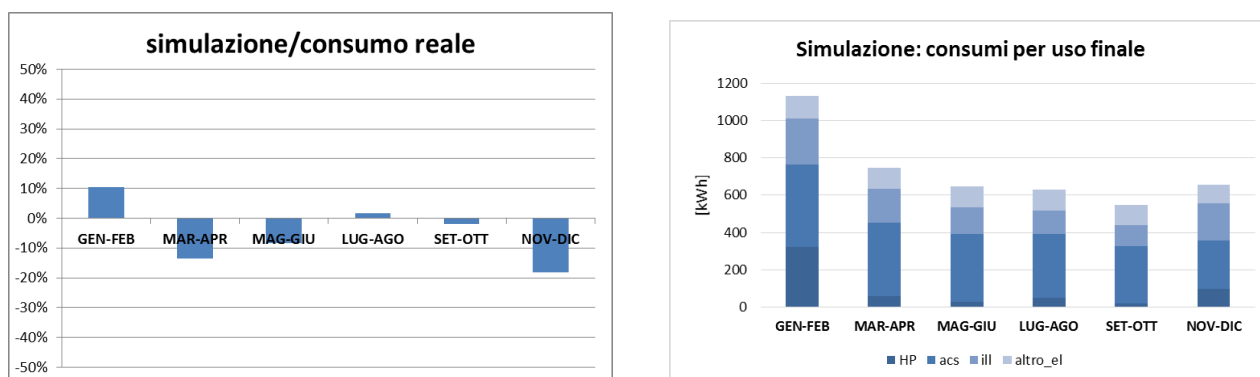


Figura 72. Risultati della calibrazione del modello.

Gli andamenti orari, risultato della simulazione, per i carichi elettrici dovuti alla climatizzazione e all'illuminazione/altro sono riportati in Figura 73 e in Figura 74.

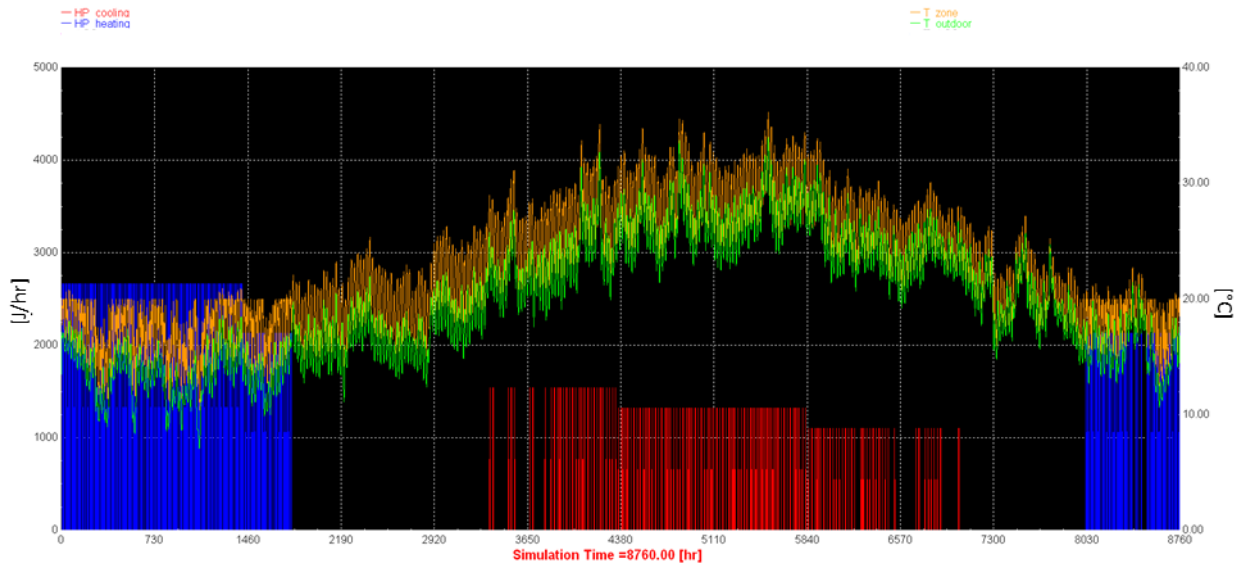


Figura 73. Risultati della simulazione, carichi elettrici per condizionamento e andamento delle temperature.

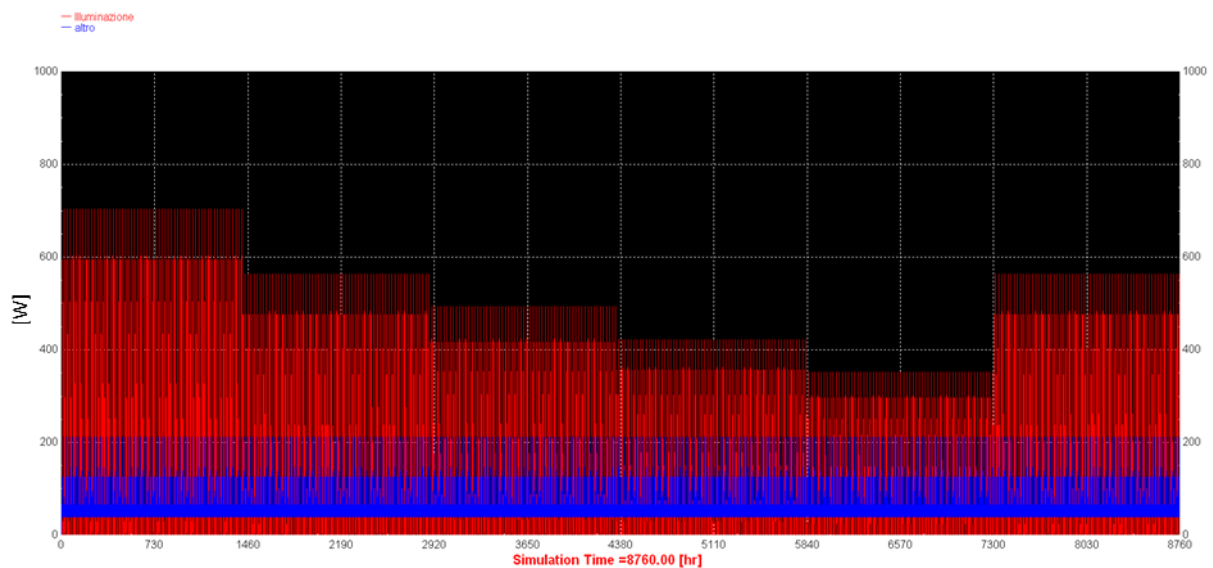


Figura 74. Risultati della simulazione, carichi elettrici per illuminazione e altri usi.

7.2.2 Soluzione 1

Per questa analisi è stato messo a punto un modello di TRNSYS per la simulazione di un impianto solare per produzione di ACS (Figura 75). Il sistema considerato è del tipo a circolazione forzata con 4 m² di collettori piani di seguito descritti in Figura 76 accoppiati ad un serbatoio di accumulo da 200 litri coibentato. L'inclinazione scelta per i collettori è di 45° al fine di dare un contributo solare maggiore nella stagione invernale.

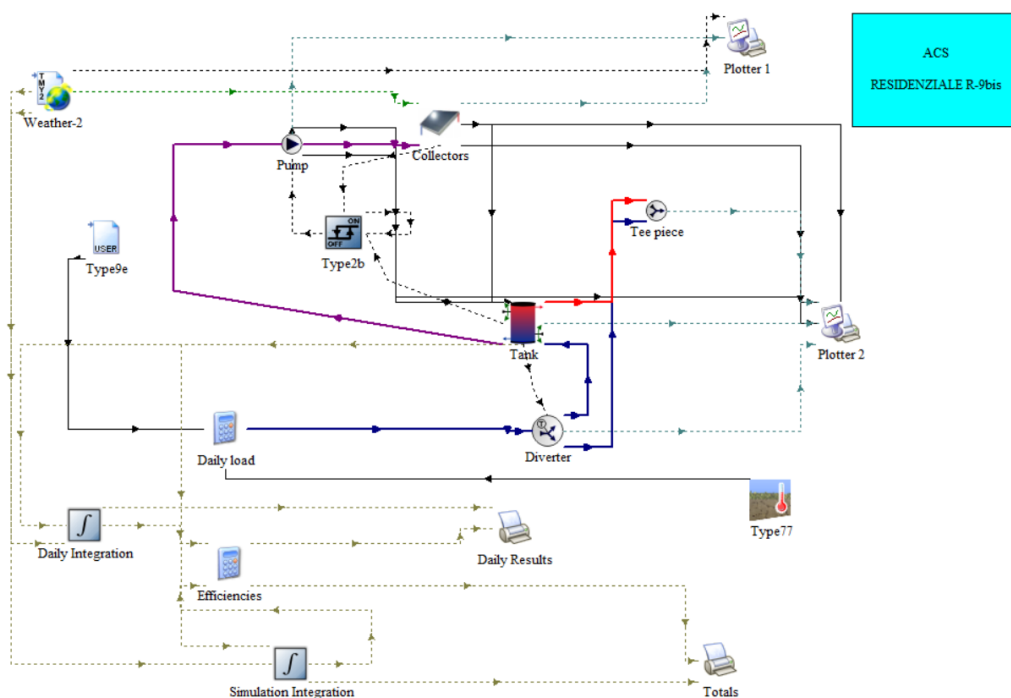


Figura 75: Progetto TRNSYS per ACS nel caso residenziale

Order	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	Number in series	1	-			More...
2	Collector area	4	m ²			More...
3	Fluid specific heat	4.186	kJ/kg.K			More...
4	Efficiency mode	2	-			More...
5	Tested flow rate	72	kg/hr.m ²			More...
6	Intercept efficiency	0.759	-			More...
7	Efficiency slope	3.365	W/m ² .K			More...
8	Efficiency curvature	0.02	W/m ² .K ²			More...
9	Optical mode 2	2	-			More...

Figura 76: Dati tecnici relativi al collettore solare piano utilizzato nelle simulazioni

Si è tenuto conto dello stesso profilo orario di prelievo utilizzato nel paragrafo precedente. Nel modello si è introdotto il type 77 per la stima della temperatura dell’acqua di rete in ingresso al serbatoio per la produzione di ACS. Per lo studio è stato esaminato il comportamento del sistema durante tutto l’arco dell’anno ed in particolare si riportano i risultati ottenuti per due mesi di funzionamento, Gennaio (Figura 77) e Giugno (Figura 78). Si vede come la resistenza elettrica ausiliaria intervenga con maggiore frequenza nel mese di Gennaio rispetto a Giugno.

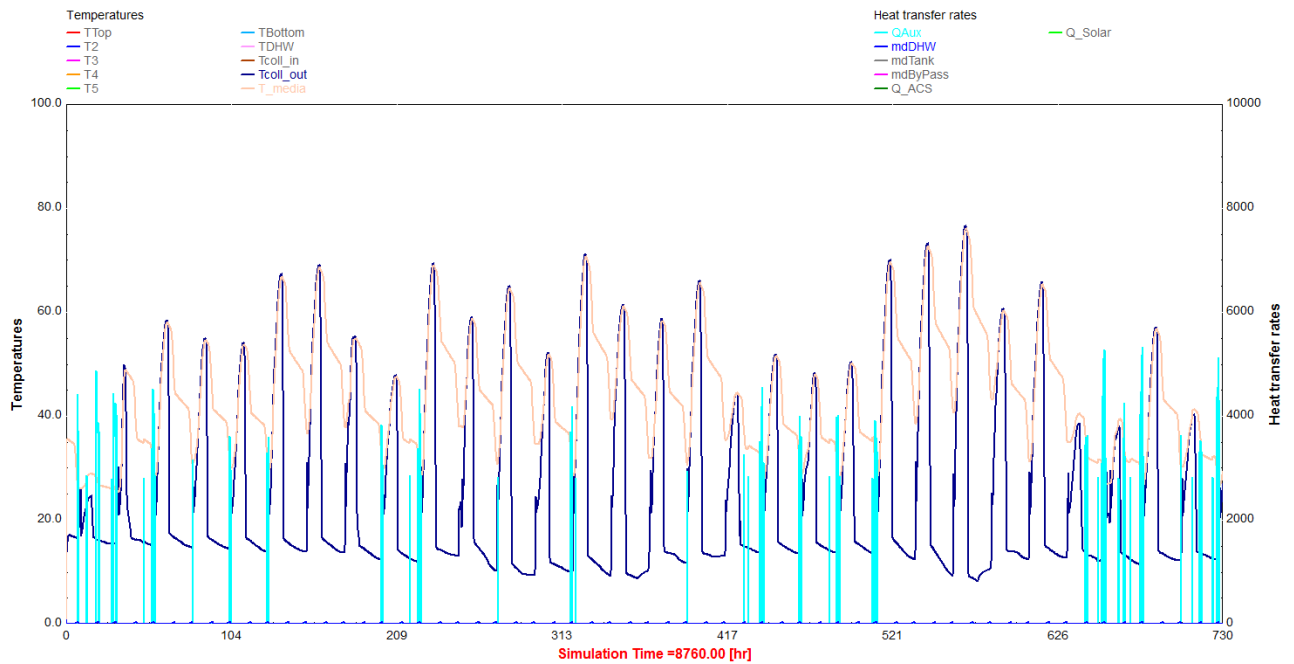


Figura 77: Andamento della temperatura media dell'acqua all'interno del serbatoio di accumulo (rosa), della temperatura del collettore solare (blu) e della resistenza elettrica ausiliaria per il mese di Gennaio

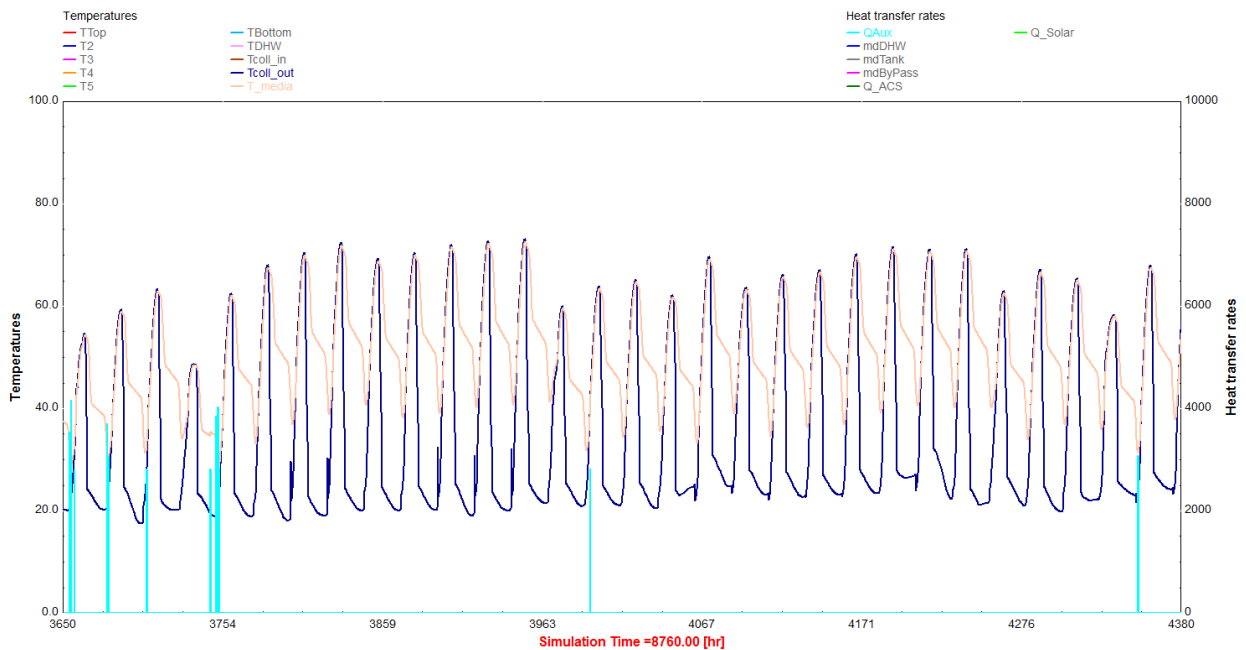


Figura 78: Andamento della temperatura media dell'acqua all'interno del serbatoio di accumulo (rosa), della temperatura del collettore solare (blu) e della resistenza elettrica ausiliaria per il mese di Giugno

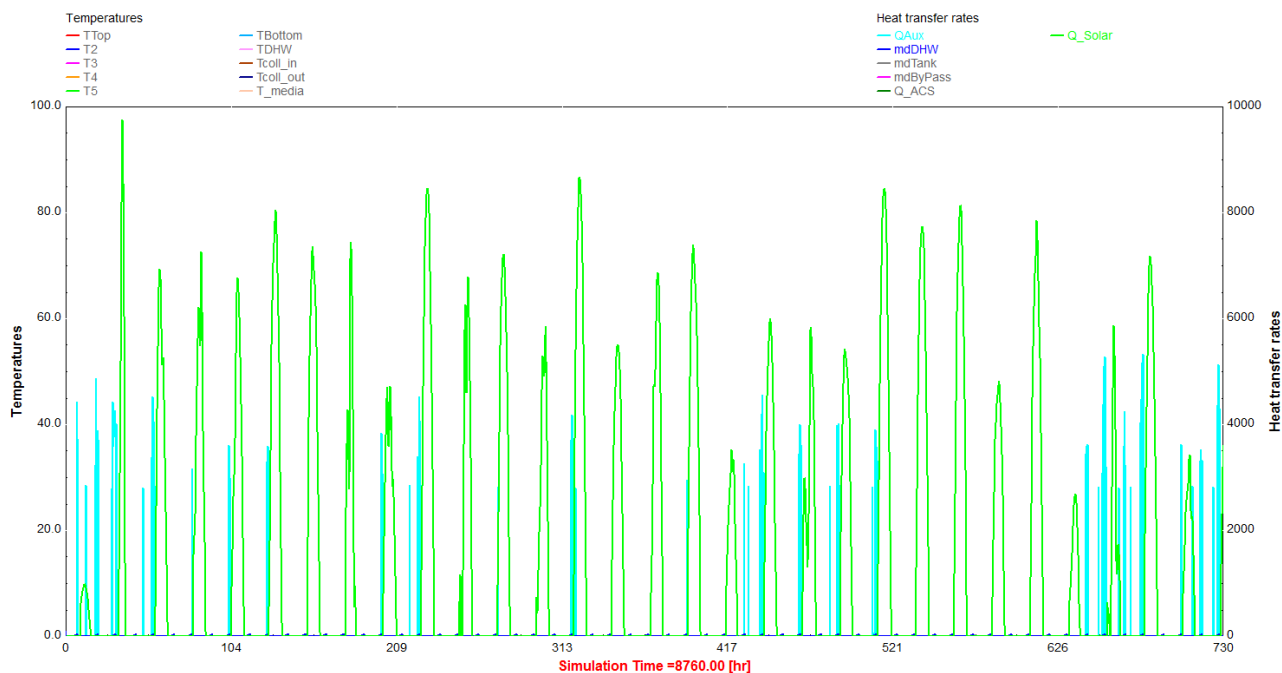


Figura 79 Andamento del contributo solare e dell’ausiliario elettrico

Globalmente la frazione solare nella stagione estiva è del 97% e dell’84% nella stagione invernale con un risparmio di energia elettrica su base annuale di circa 94%.

7.2.3 Soluzione 2

Successivamente si è preso in esame un sistema solare utilizzato per l’alimentazione di una unità Solar DEC di piccola taglia (paragrafo 6.1.1) e per la produzione contemporanea di ACS.

Il sistema analizzato (Figura 80, Figura 81, Figura 82) offre la possibilità di immettere nell’edificio aria raffreddata, deumidificata o riscaldata e di attuare il necessario ricambio oltre a provvedere al riscaldamento dell’acqua calda sanitaria. È indicato per utenze residenziali o del terziario che richiedono basse portate di trattamento d’aria ($500 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$). Il sistema preso in esame è alimentato da solare termico a liquido a bassa temperatura ($50\text{-}60^\circ\text{C}$) ed è installabile sulle pareti esterne dell’edificio. Nel caso di edifici di nuova costruzione o nel caso di ristrutturazioni di maggiore entità, l’unità può essere installata direttamente anche all’interno della struttura della parete avendo uno spessore di circa 30 cm.

I risultati ottenuti di seguito presentati sono relativi all’utilizzo di un sistema compatto DEC di tipo freesco a letti fissi raffreddati con portata d’aria di $660 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ accoppiato a 12 m^2 di collettori solari piani i quali sono utilizzati anche per la produzione di acqua sanitaria. In inverno il sistema contribuisce al riscaldamento dell’ambiente tramite immissione di aria calda riscaldata per mezzo del calore solare. L’integrazione termica estiva per l’acqua calda sanitaria è una resistenza elettrica mentre l’ausiliario termico per il riscaldamento invernale è la pompa di calore del tipo attualmente utilizzato.

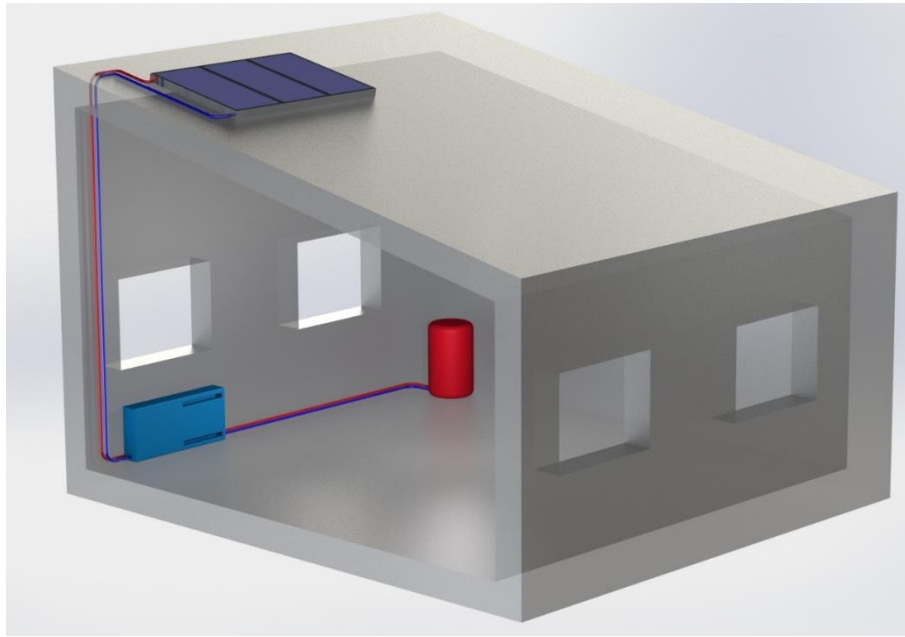


Figura 80. Rappresentazione grafica del sistema *freesco* alimentato da collettori solari posti sul piano di copertura e utilizzati anche per la produzione di ACS

In Figura 81 è schematizzato il sistema nella configurazione di installazione a parete. Come si vede il sistema dello schema il sistema viene connesso ad una rete di distribuzione del calore che è collegata al sistema solare. L'uscita dei collettori solari viene mandata alla macchina per fornire calore necessario per la rigenerazione. Dopo aver ceduto il calore per la rigenerazione del materiale adsorbente, l'acqua in uscita dalla macchina passa attraverso il boiler solare per la produzione di ACS.

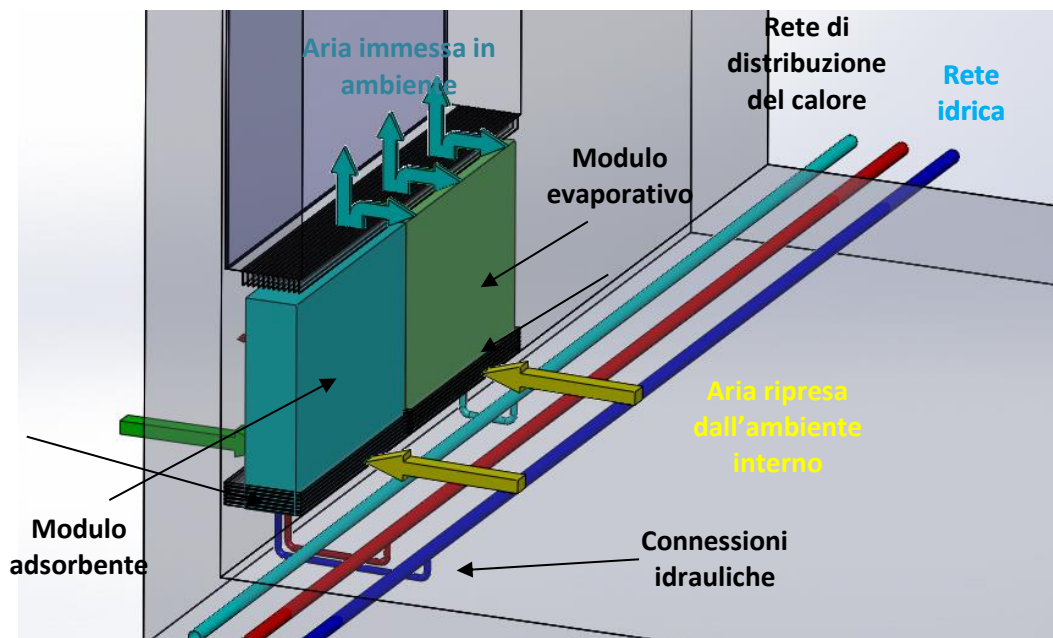


Figura 81. Schema di installazione con connessioni idrauliche e areauliche.

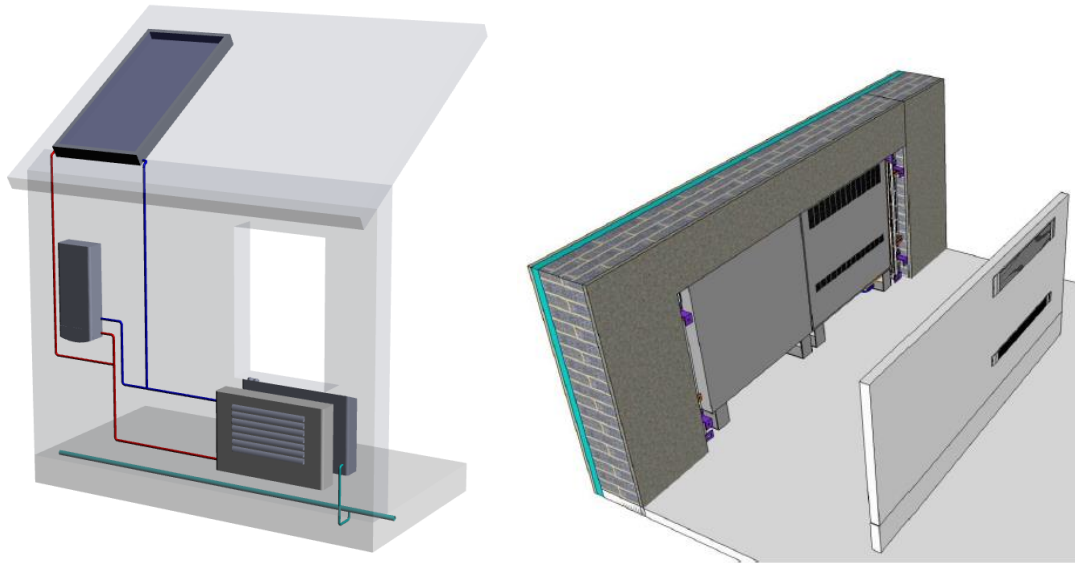


Figura 82. Schema di installazione nella configurazione split (sx) e in quella integrata a parete (dx)

Tabella 31 riporta i dati tecnici della macchina considerata nelle simulazioni. I dati in regime di raffreddamento fanno riferimento ad una temperatura dell'aria esterna di 35°C e un'umidità relativa di 45%, una temperatura interna di 27°C e un'umidità relativa di 50% con ventilatore funzionante alla massima portata. In nessun caso il coefficiente EER tiene conto della produzione da fotovoltaico.

Tabella 31 Dati tecnici dell'unità Freesco utilizzata
Servizi svolti **Sistema a parete compatto**

Raffreddamento		Si
Deumidificazione		Si
Ricambio dell'aria		Si
Riscaldamento		Si
Produzione di calore da solare integrata		No
Possibilità di installare una pompa di calore integrata nel processo		Si
Funzionamento in modalità off-grid		No
Tipo di montaggio		
Montaggio su tetto piano		No
Separazione dei moduli ADS e EVA		Si
Installazione di più unità in parallelo		Si
Dimensioni e pesi		
Ingombri		2 moduli ciascuno di 900x300x900 mm
Peso totale		200 kg
Prestazioni in raffreddamento		
Potenza frigorifera totale		2,5 kW
Potenza termica da fornire		2,0 kW
Portata dell'aria		500 m ³ /h
Potenza elettrica assorbita		0,200 kW
Percentuale aria di rinnovo		33%
Consumo d'acqua alla max potenza		4,5 l/h
EER		12,5

Simulazioni in TRNSYS

Il sistema è stato analizzato tramite un modello di simulazione creato su TRNSYS (Figura 83). Il progetto include essenzialmente il sistema di climatizzazione DEC, l'impianto solare, l'edificio e il sistema di controllo.

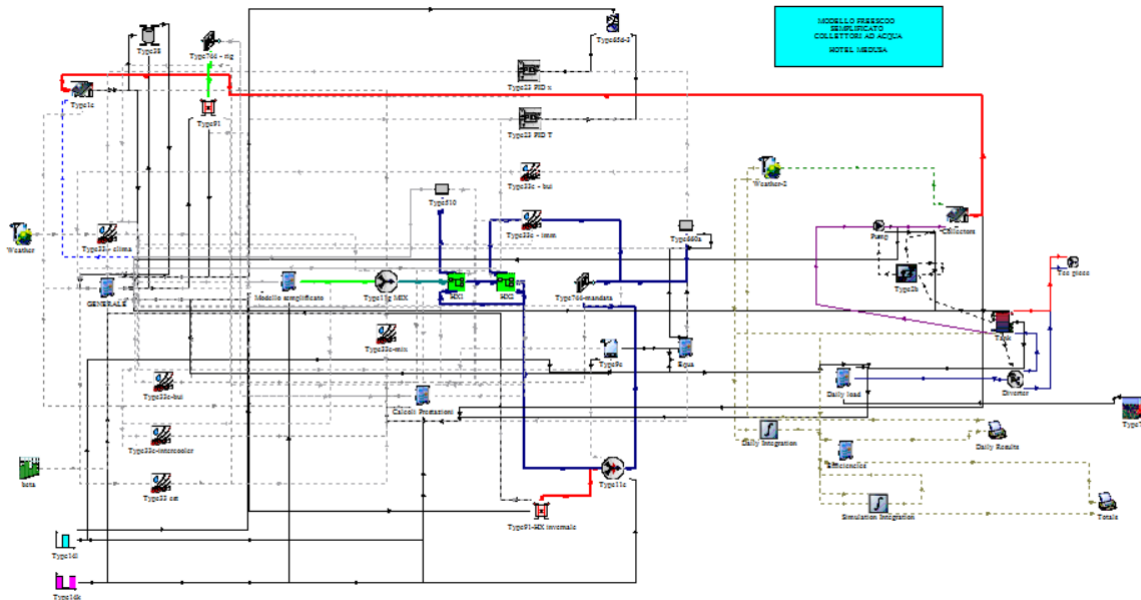


Figura 83: Progetto TRNSYS dell'edificio – impianto per l'appartamento all'interno del nucleo urbano

Le ipotesi principali alla base delle analisi svolte sono le seguenti:

- i dati climatici utilizzati sono quelli del sito di Lampedusa;
- il time step della simulazione è di 2 minuti;
- il profilo di accensione scelto è lo stesso utilizzato nella simulazione dello stato di fatto;
- il sistema è provvisto di ventilatori a portata variabile;
- le condizioni dell'aria di progetto sono $T=26^{\circ}\text{C}$ e $UR=50\%$;
- il sistema solare termico è attivato indipendentemente dall'accensione del resto dell'impianto;
- il periodo di climatizzazione invernale va da Dicembre a metà Marzo
- il periodo di climatizzazione estiva coinvolge i restanti mesi dell'anno

Di seguito vengono presentati i risultati delle simulazioni svolte con il software di simulazione TRNSYS per una settimana tipica estiva ricadente nella seconda metà del Mese di Luglio. In Figura 84 si può notare che il sistema fornisce una temperatura di mandata in ambiente (in verde) sempre al di sotto di 20°C anche nelle ore di funzionamento in assenza di radiazione solare.

Il grafico in Figura 85 riporta la potenza legata al trattamento dell'aria e quella fornita in ambiente. Come si vede la potenza frigorifera della macchina raggiunge un picco di circa 2,7 kW solo per qualche ora mentre per il resto del tempo la macchina lavora a carico parziale.

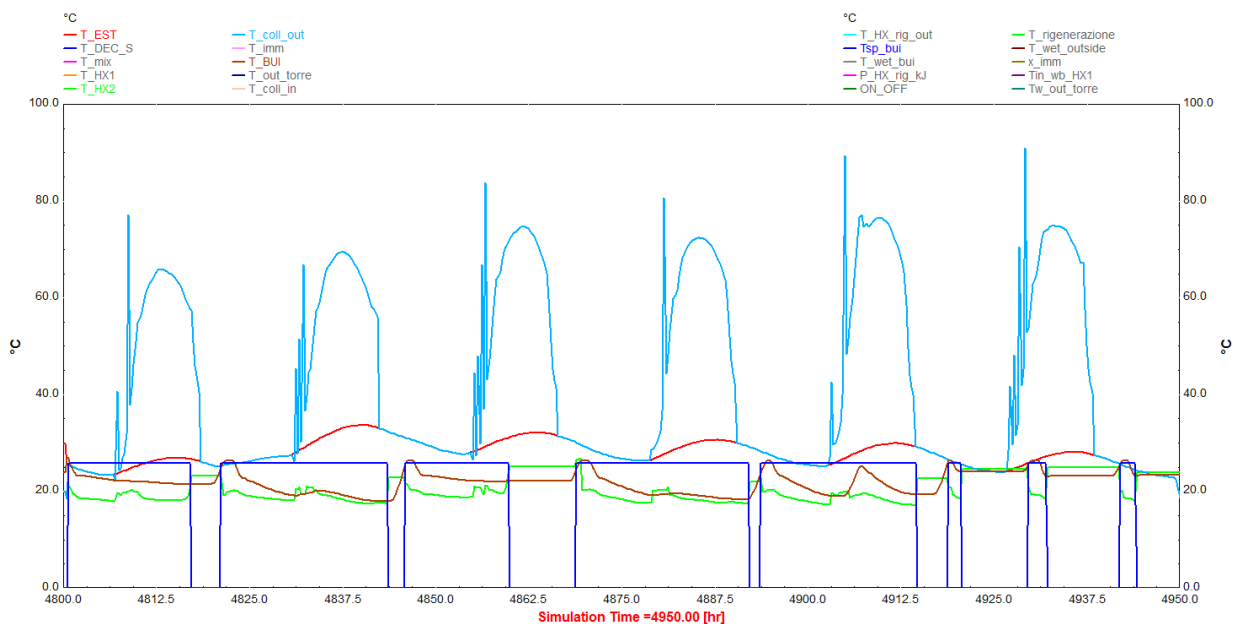


Figura 84: Andamento della temperatura dell'aria esterna (rosso), dell'edificio (marrone), mandata dall'UTA (verde), dei collettori solari (azzurro)

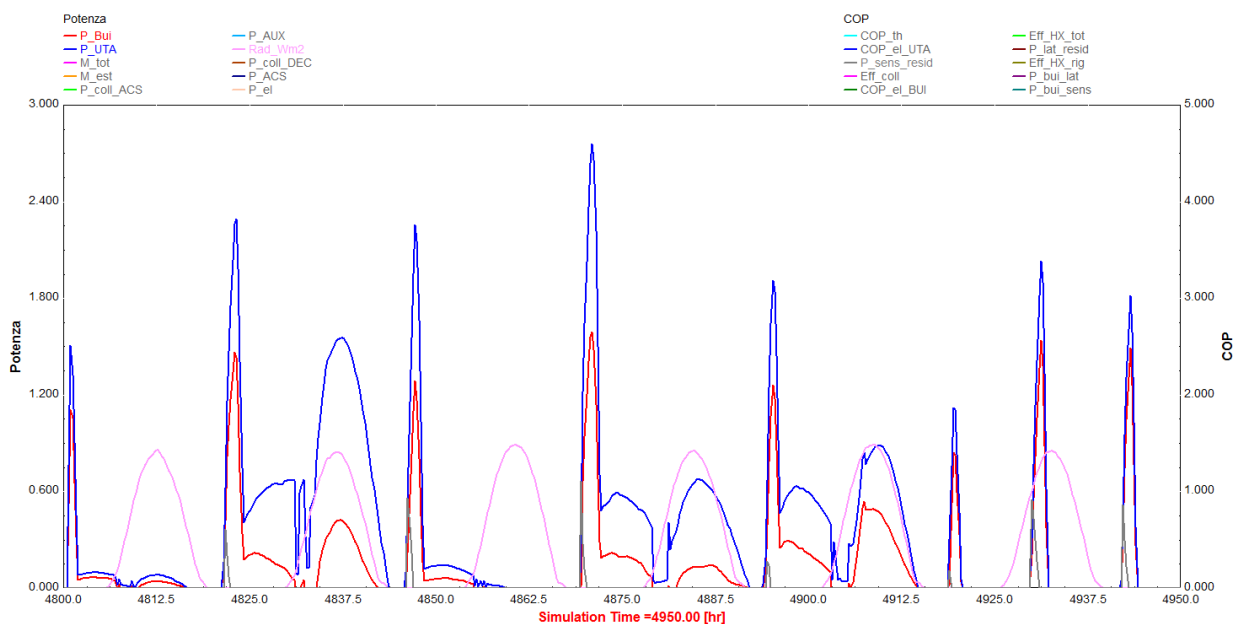


Figura 85: Andamento della potenza frigorifera totale (blu), della potenza frigorifera inviata in ambiente (rosso), e della radiazione solare in W/m^2 (lilla)

In Figura 86 si evidenzia l'andamento del carico sensibile (verde scuro) e quello del carico latente dell'edificio (viola) mentre in Figura 87 si riportano per la settimana esaminata il carico sensibile e latente residuo il cui totale è pari a circa il 10% del totale del carico frigorifero.

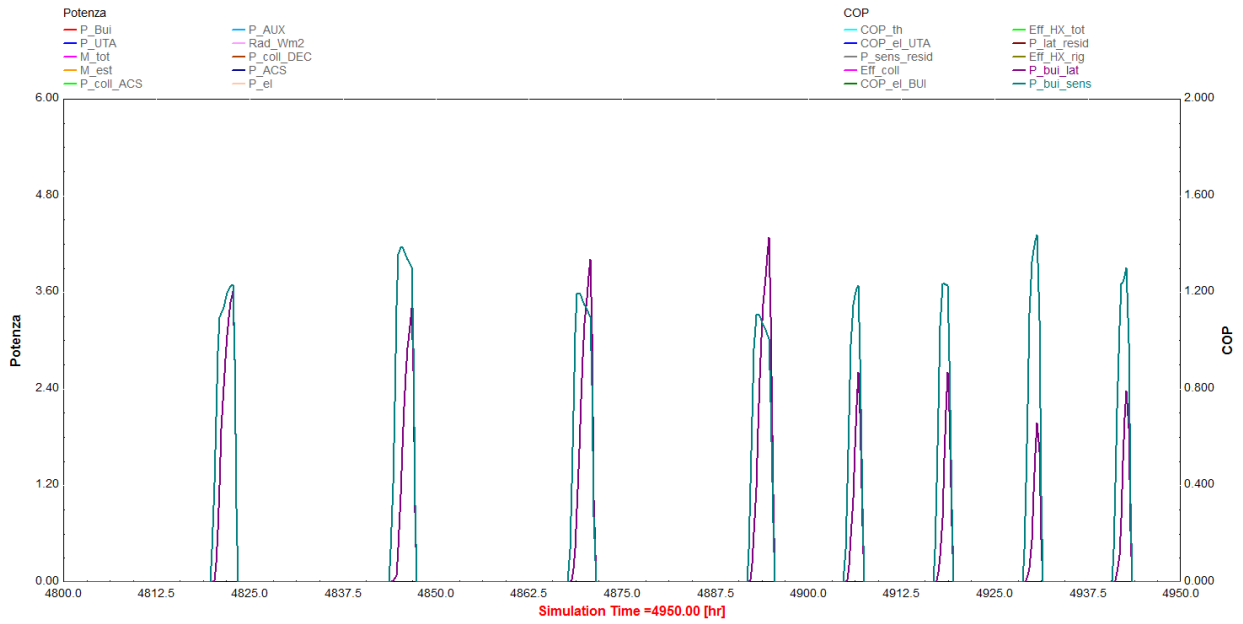


Figura 86: Andamento del carico sensibile (verde scuro) e del carico latente dell'edificio (viola)

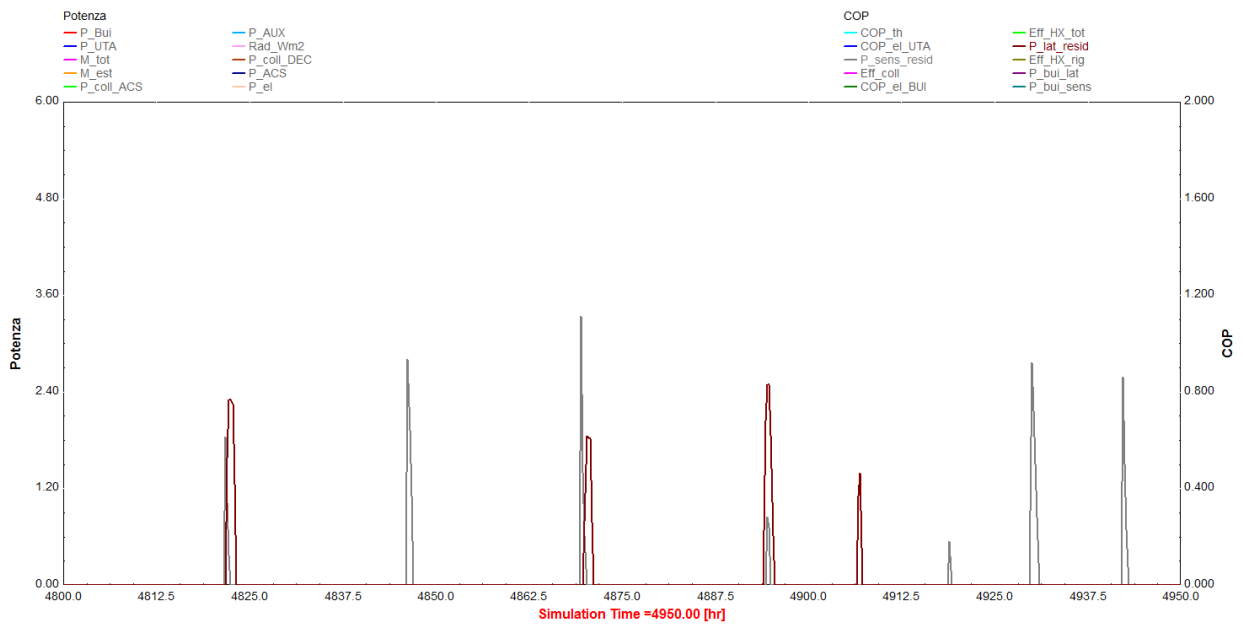


Figura 87: Andamento del carico sensibile (marrone) e del carico latente residui dell'edificio (grigio)

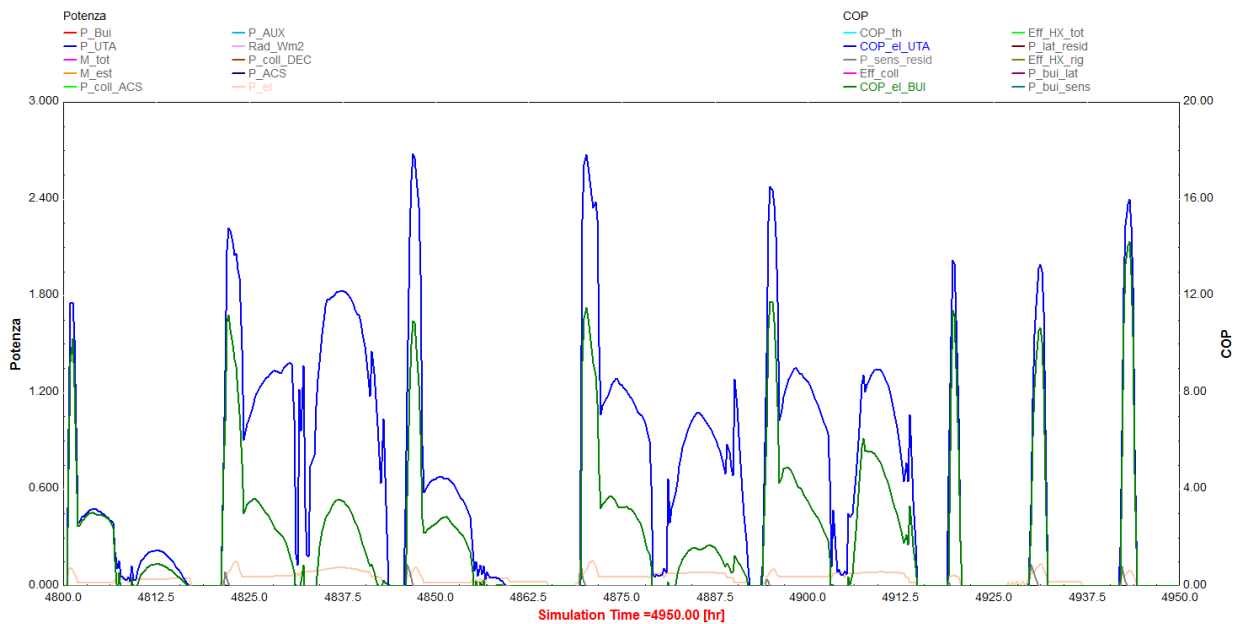


Figura 88: Andamento del COP elettrico calcolato sulla base del totale della potenza frigorifera (blu), COP elettrico calcolato sulla base della potenza frigorifera inviata in ambiente (verde), e della potenza elettrica assorbita (rosa)

Il COP elettrico della macchina (in blu) è variabile da un minimo di circa 5 ad un massimo di circa 18 con un valore medio di circa 13 ovvero pari a circa 3 volte quello della pompa di calore attualmente installata (Figura 88).

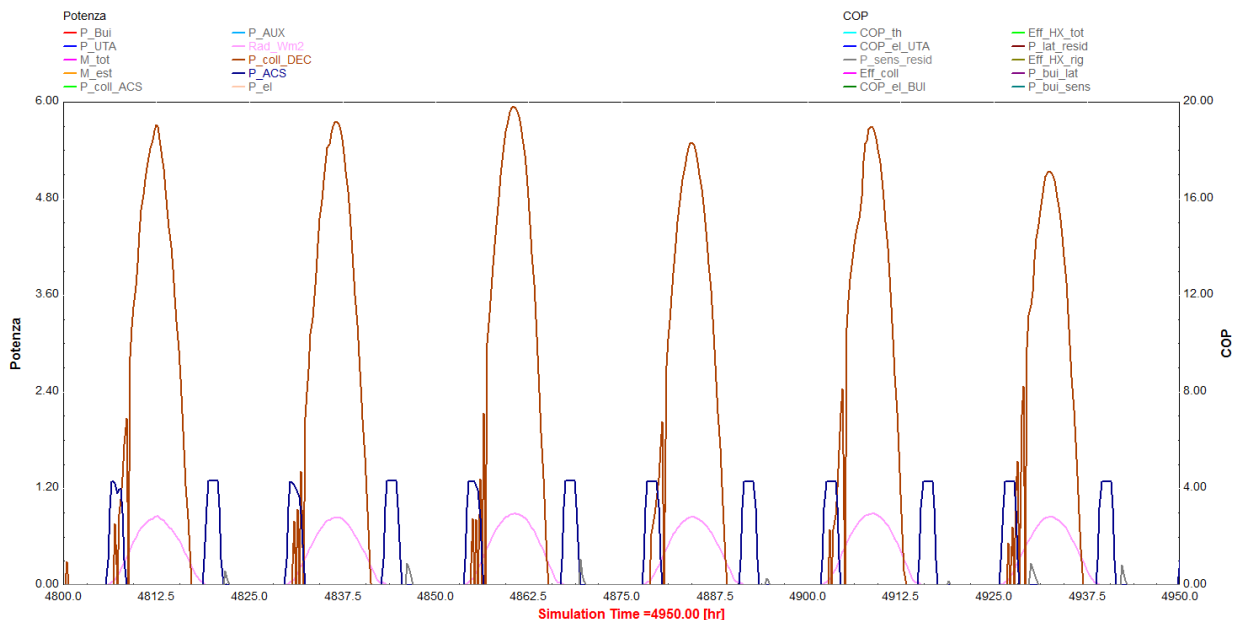


Figura 89: Andamento della radiazione solare (lilla), della potenza totale dei collettori solari (marrone), e della potenza termica richiesta per la produzione di ACS (blu)

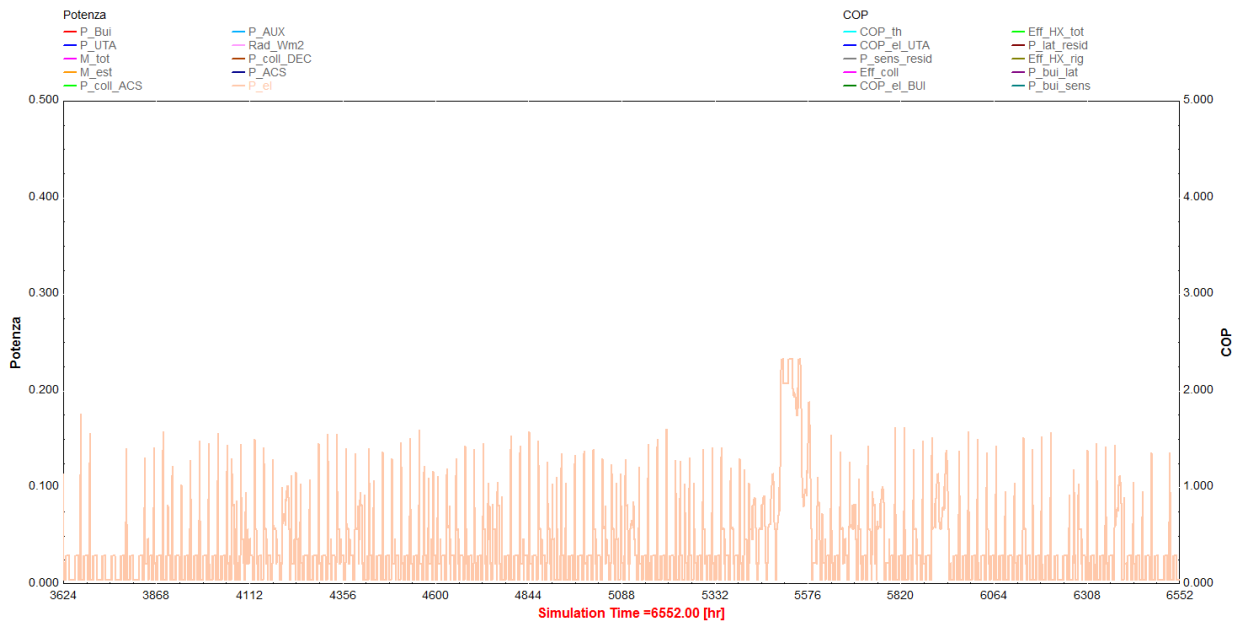


Figura 90: Andamento della potenza elettrica per il periodo dagli inizi di Giugno a fine Settembre

In Figura 90 viene mostrato invece l'assorbimento di potenza elettrica della macchina che si attesta attorno a 100 W con picchi che superano di poco i 200 W. Ciò è molto importante considerando che per lo stesso picco di potenza frigo il sistema split a pompa di calore ha un assorbimento di circa 900-1000 W e per di più molto variabile nel tempo.

Per ciò che riguarda il funzionamento invernale, la Figura 91 di seguito riportata descrive per una settimana di Febbraio il contributo al riscaldamento dell'edificio dato dai collettori solari, mentre nella Figura 92 successiva vengono riportate la potenza termica dei collettori e quella del sistema ausiliario. Si vede come questo intervenga alle prime ore del mattino quando c'è un picco di richiesta di acqua sanitaria per poi stare spento il resto del giorno e riaccendersi alla sera.

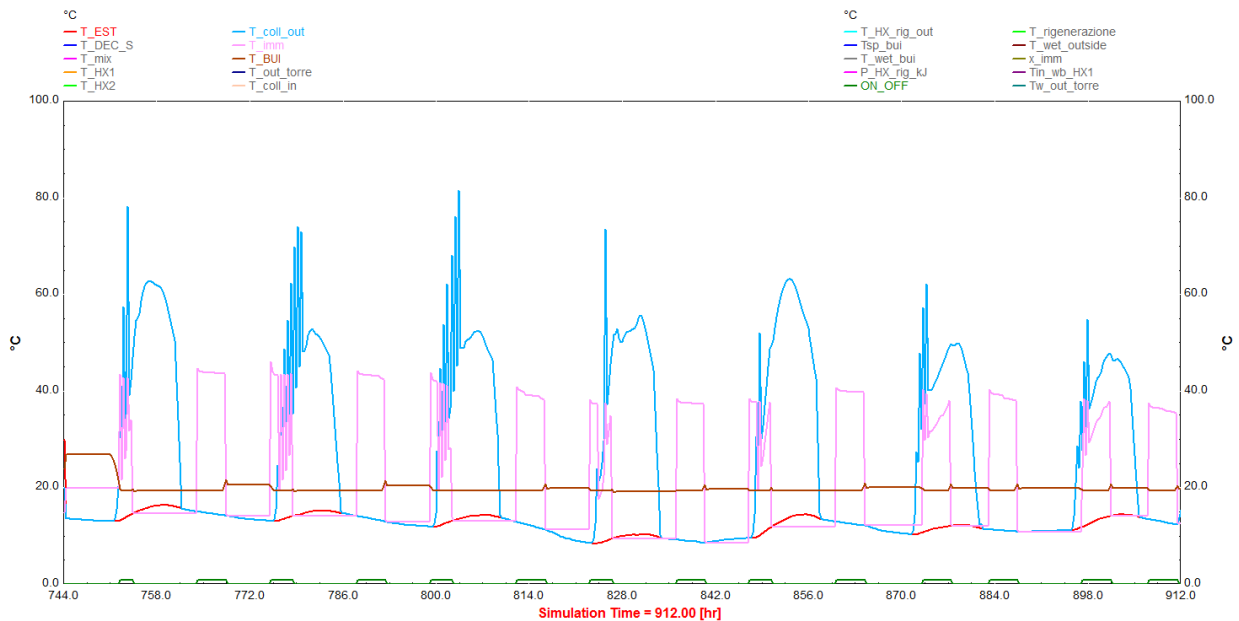


Figura 91: Andamento della temperatura in uscita dai collettori solari (azzurro), di immissione (rosa), dell'aria esterna (rosso) e dell'edificio (marrone)

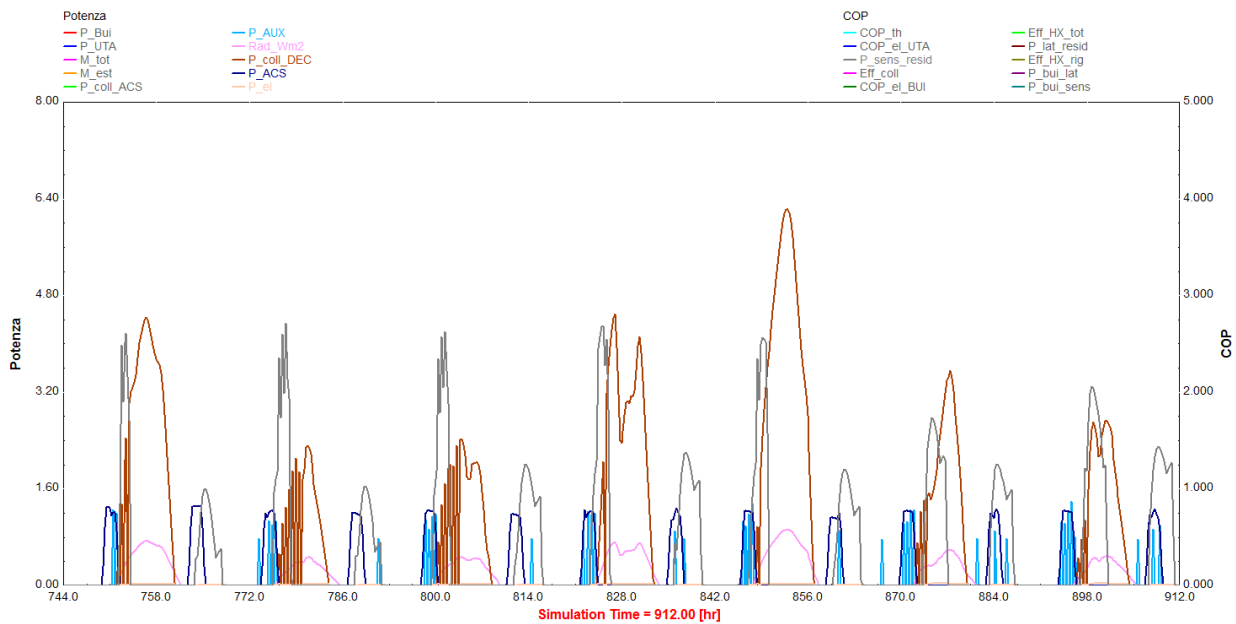


Figura 92: Andamento della potenza termica dei collettori solari (marrone), della potenza per ACS (blu), della radiazione solare in W/m^2 (lilla) e dell’ausiliario termico utilizzato (resistenza elettrica in azzurro)

Di seguito si riportano in Tabella 32 le prestazioni energetiche raggiunte dal sistema complessivamente per la stagione invernale e quella estiva. Dalla tabella si evince che il risparmio di energia dato dall’utilizzo del sistema solare in accoppiamento con l’unità *freescoo* e la produzione di ACS è dell’84% nella stagione estiva e del 60% in quella invernale, per un totale di circa 70% nell’arco dell’anno.

Tabella 32 Prestazioni energetiche del sistema

Solare + PdC ACS e <i>freescoo</i>	Estate		Inverno		Scaldabagno per ACS e split (stato di fatto)			
F solare estate ACS	99.3%	70.6%				Estate	Inverno	
Aux per ACS	4	108	kWh	COP PdC	4.3	4.3		
Totale solare	4611	2475	kWh	ACS	578.12	367.81	945.93	kWh
Totale En UTA	759	941	kWh	Clima	686	-1801		kWh
Totale En edificio	363	721	kWh	Consumo el	160	419	578	kWh
COP el tot	13.3	43.3						
Tot carico sens	375	1278	kWh					
Tot carico lat	202	0	kWh	Consumo el tot	738	787	1524	
Residuo sens	42	560	kWh					
Residuo lat	29	0	kWh	Risparmio tot	1086	kWh	71.2%	
Bilancio dei consumi elettrici								
	Estate	Inverno						
Consumo el UTA	101	28	kWh					
Consumo PdC aux UTA	17	182	kWh					
Consumo resistenza ACS	4	108	kWh					
Consumo el tot	121	318	kWh					
			kWh					
Risparmio energia totale	84%	60%						

7.2.4 Soluzione 3

L'impianto fotovoltaico ipotizzato, con una potenza di picco di 3 kWp, produce 2744 kWh/anno con copertura di carico del 93% su base annuale. In base alle rilevazioni svolte, il carico elettrico annuale complessivo è di 2982 kWh con picchi di consumo nella stagione invernale (c.a. 300 kWh/mese) e minimi in estate (c.a. 200 kWh/mese). Si è verificata la fattibilità dell'installazione di un piccolo sistema di accumulo elettrico con funzione di peak shaving e massimizzazione dell'autoconsumo. Le configurazioni indagate sono due: capacità 3 kWh e capacità 6 kWh.

Nella simulazione oraria si è valutato ora per ora il bilancio produzione/accumulo/consumo i cui risultati sono riportati in Tabella 33 e in Figura 93.

Tabella 33 Prestazioni mensili del sistema PV

Mese	Carico [kWh]	Elettricità dalla rete [kWh]	
		Accumulo da 3 kWh	Accumulo da 6 kWh
Gen	333,12	198,85	140,11
Feb	300,09	168,02	117,32
Mar	276,63	126,23	77,97
Apr	257,52	107,32	49,23
Mag	238,11	86,51	24,16
Giu	229,87	83,52	22,66
Lug	210,55	68,42	13,40
Ago	213,24	73,44	18,99
Set	184,46	54,45	18,79
Ott	193,37	63,23	33,58
Nov	267,49	135,63	82,10
Dic	277,65	153,73	99,77
Totale	2982,10	1319,34	698,09

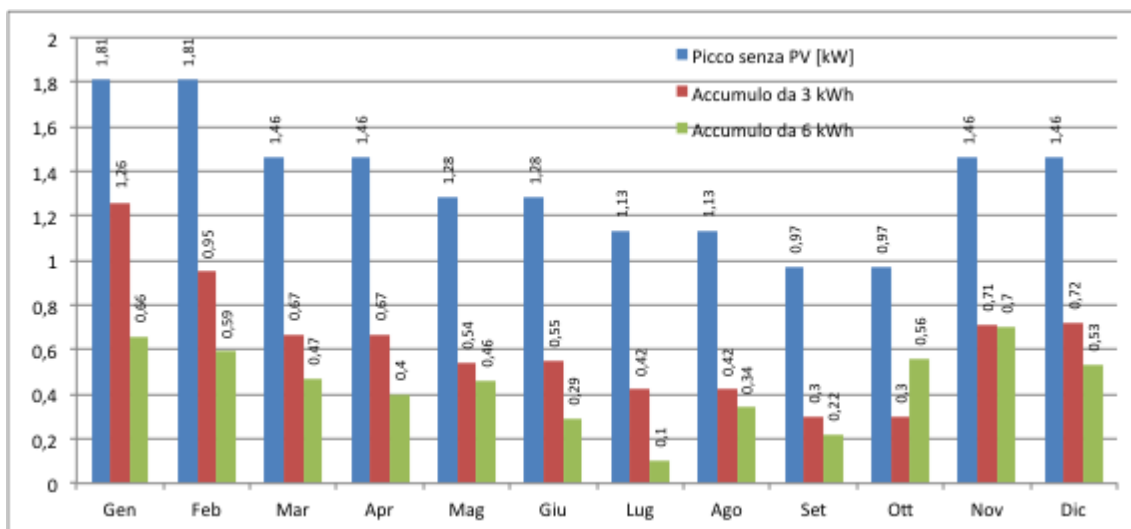


Figura 93 Prestazioni mensili del sistema PV

I calcoli effettuati permettono di affermare che un accumulo elettrico di 3 kWh già comporta la riduzione di circa la metà del prelievo dalla rete e una riduzione del picco di potenza assorbita dalla rete da 1.8 a 0.95 kW (-50%) nel mese di gennaio. Percentuali di riduzione anche maggiori si possono apprezzare durante la stagione estiva. Con un accumulo elettrico da 6 kWh si preleva dalla rete soltanto il 25% del fabbisogno. In tal caso i picchi di assorbimento elettrico si riducono fino ad un terzo circa nei mesi invernali e fino ad un decimo nei mesi estivi.

7.2.5 Soluzione 4 e 5

Durante la fase di calibrazione del modello si sono valutati i consumi di illuminazione in base alla tipologia degli apparecchi illuminanti installati, senza attivare un vero e proprio controllo sul livello di illuminamento interno. Nella fase di valutazione delle strategie di retrofit si è quindi proceduto sostituendo i seguenti input:

1. potenza installata per l'illuminazione ipotizzando di sostituire le lampade presenti con apparecchi a Led (scenario LED)
2. potenza installata per l'illuminazione nell'ipotesi di apparecchiature a Led con introduzione di un controllo di accensione regolato sul livello di illuminamento richiesto per ciascuna zona richiesti a seconda del compito visivo assolto (scenario LED+ctrl)
3. sola introduzione di un controllo BAC sulle potenze richieste dagli elettrodomestici (scenario BAC)

I risultati in termini di risparmio energetico per i tre scenari proposti sono stati valutati con riferimento ai consumi totali del contatore, Figura 94.

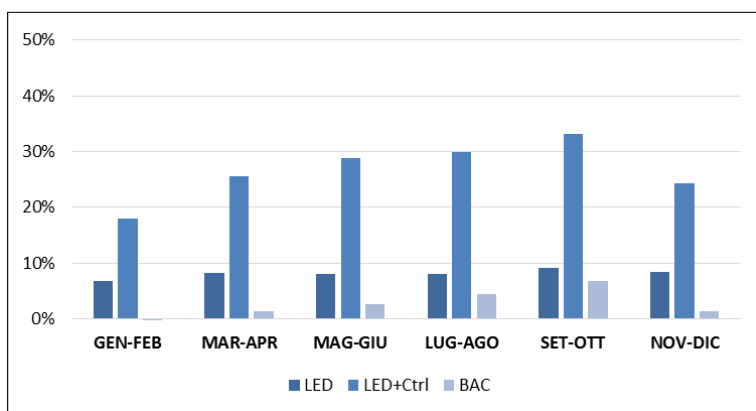


Figura 94. Risultati in termini di risparmio energetico per la soluzione 4 e 5.

In sintesi, si sono quindi stimati su base annuale:

- un risparmio rispetto al consumo per l'illuminazione attuale del 34% e del 41% rispettivamente per la mera sostituzione delle lampade e per la conseguente attivazione del controllo di illuminamento;
- un risparmio rispetto al totale dei consumi elettrici del contatore attuale pari a 8% e 25% con un picco di assorbimento elettrico ridotto da 2,8 kW a 2,6 kW, entrambi rispettivamente per la mera sostituzione delle lampade e per la conseguente attivazione del controllo di illuminamento;
- un risparmio dell'ordine del 2% rispetto al consumo attuale nel caso di introduzione di controlli BAC sugli elettrodomestici

7.2.6 Impatti sul diagramma di carico dell'appartamento

Per mostrare graficamente l'impatto che le soluzioni proposte hanno sull'assorbimento elettrico dell'appartamento, le figure che seguono riportano, per un giorno estivo scelto a caso del mese di luglio, il confronto tra il diagramma di carico dell'abitazione nello stato di fatto (in assenza, quindi, di interventi di efficientamento: Scenario SC.0) e il diagramma di carico modificato per gli scenari:

- SC.1: integrazione del sistema di produzione di ACS con impianto solare termico, Figura 95;
- SC.2: installazione di un impianto FV da 3 kWp, Figura 96;
- SC.3: installazione di un impianto FV da 3 kWp con sistema di accumulo da 3 kWh, Figura 97;
- SC.4: installazione di un impianto FV da 3 kWp con sistema di accumulo da 6 kWh, Figura 98;
- SC.5: sostituzione delle lampade attuali con lampade a LED, Figura 99;
- SC.6: sostituzione delle lampade attuali con lampade a LED con controllo dell'accensione/spegnimento in funzione della luce esterna, Figura 100,;
- SC.7: sostituzione delle lampade attuali con lampade a LED con controllo dell'accensione/spegnimento in funzione della luce esterna e sistemi BAC per il controllo dei carichi flessibili, Figura 101.

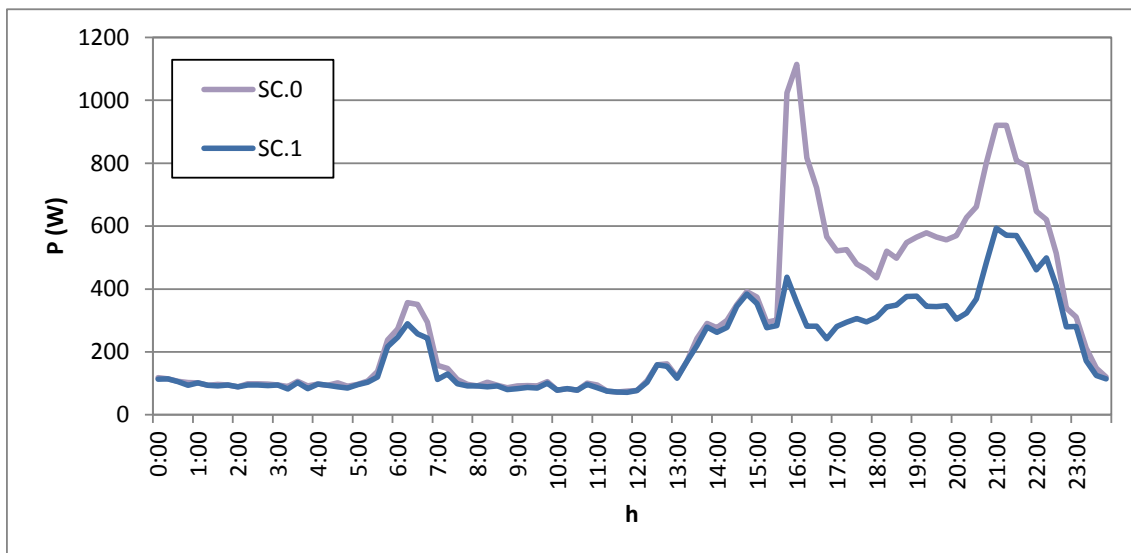


Figura 95. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.1.

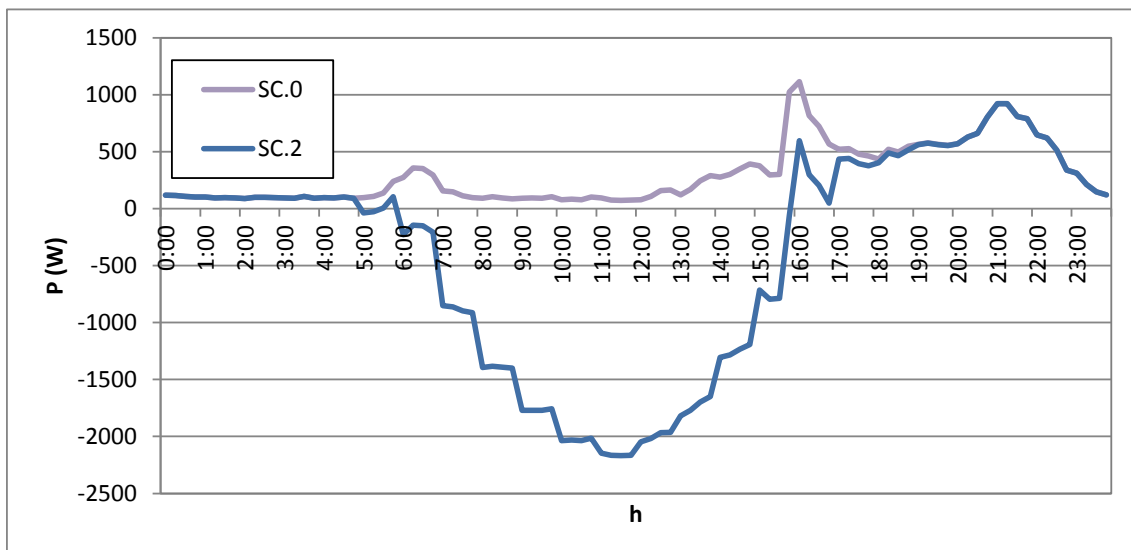


Figura 96. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.2.

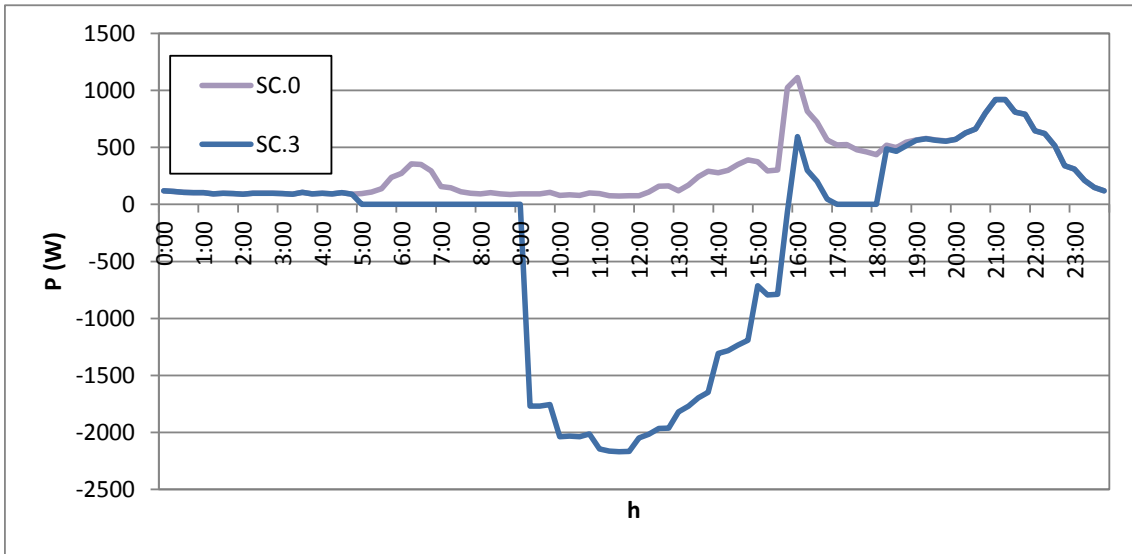


Figura 97. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.3.

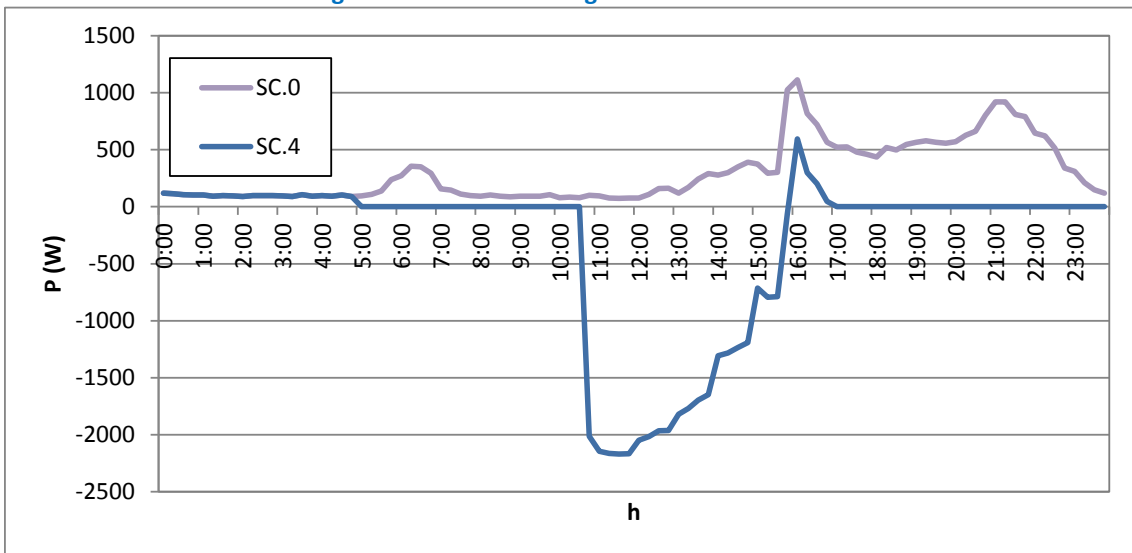


Figura 98. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.4.

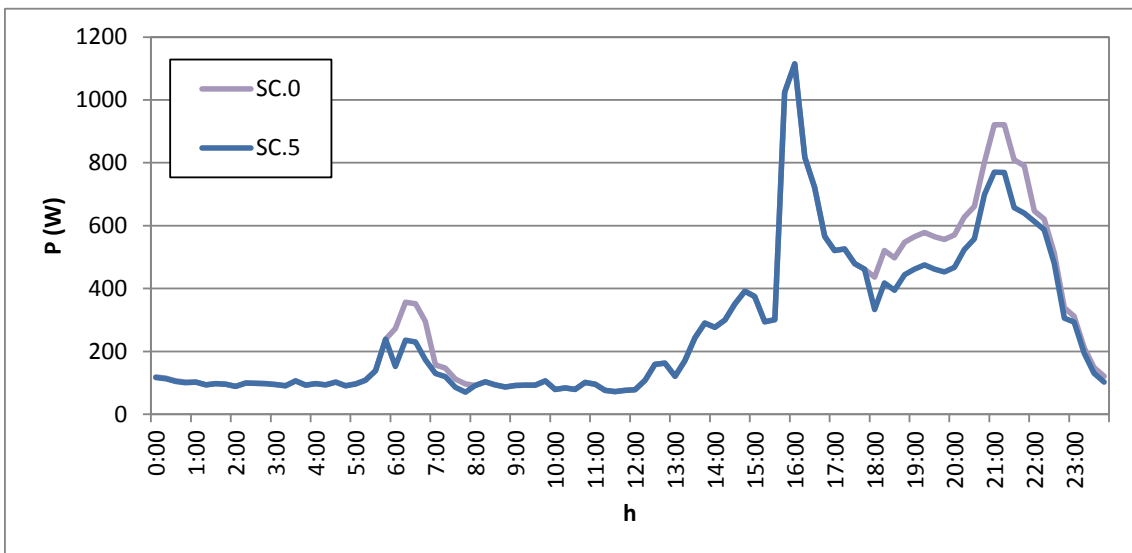


Figura 99. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.5.

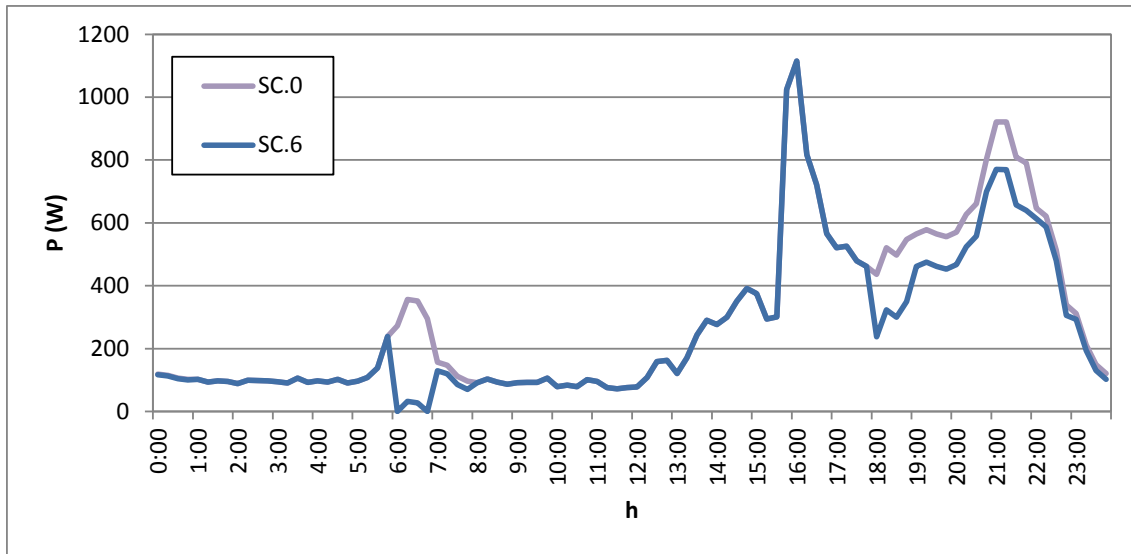


Figura 100. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.6.

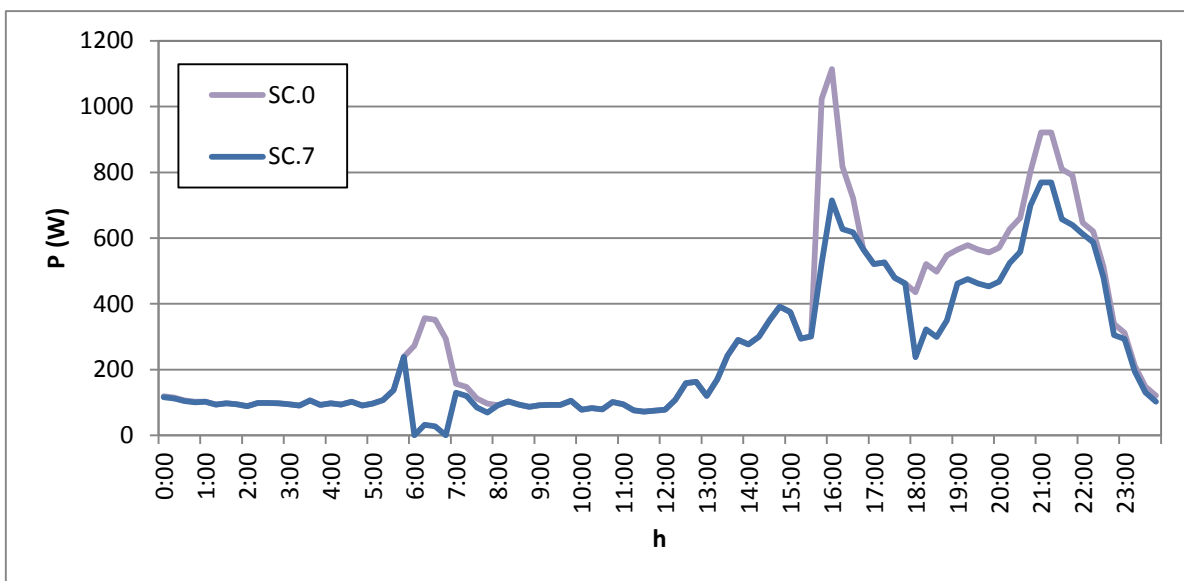


Figura 101. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.7.

Si sottolinea in particolare come l'utilizzo di collettori solari termici (SC.1) e l'adozione di sistemi BAC (SC.7) hanno la potenzialità di ridurre il picco del diagramma di carico medio dell'utenza e, di conseguenza, dell'aggregato di carichi del cluster di utenti omogenei. Ciò comporta grandi benefici per la rete in termini di riduzione delle perdite in linea, delle sollecitazioni termiche ma anche di miglioramento del ciclo di lavoro dei generatori diesel di centrale. Nel caso di adozione di collettori solari termici si ha una riduzione del picco del 57% circa, nel caso di utilizzo di sistemi BAC si ha una riduzione del picco di circa il 35%. I risultati sono parziali in quanto si riferiscono soltanto al comportamento medio estivo dell'abitazione.

7.3 Utenza 2: villetta isolata

7.3.1 Stato di fatto, calibrazione del modello

L'utenza 2 è una villetta unifamiliare di circa 120 m² stabilmente occupata da due persone a cui è annesso un monolocale poco distante occupato solo occasionalmente. Si tratta di strutture in muratura piena con

infissi in legno e doppio vetro. Entrambe le strutture di recente realizzazione sono su un unico livello e sono collocate all'esterno del centro abitato. L'abitazione principale comprende 2 camere da letto, 2 bagni, una cucina soggiorno e un salone; ai fini delle analisi termiche si prevede quindi di suddividere l'abitazione in 3 zone principali così come riportato in Figura 102 a cui si aggiunge la zona termica relativa al monolocale.

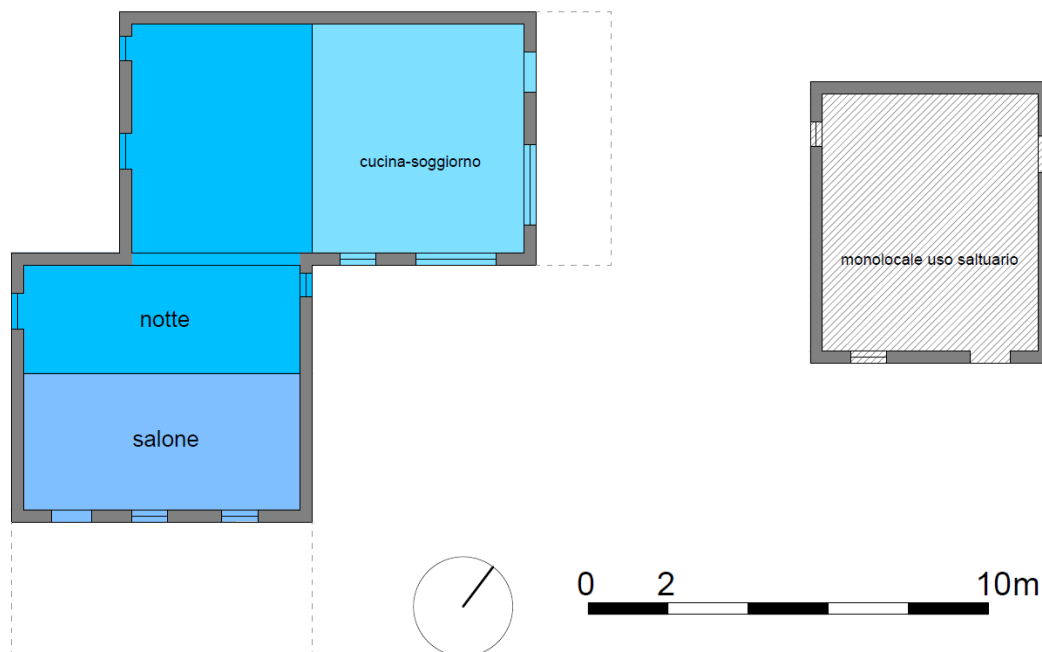


Figura 102. Schema in pianta dell'abitazione e zonizzazione termica

Dal punto di vista impiantistico, non sono presenti impianti che sfruttino le energie rinnovabili, mentre nella villetta vera e propria sono presenti due pompe di calore per la climatizzazione a servizio della zona giorno e della zona notte e uno scaldabagno elettrico per la produzione di ACS, Tabella 34. Le principali apparecchiature elettriche sono invece riassunte in Tabella 35.

Tabella 34. Dotazione impiantistica per climatizzazione e ACS

confronto	Casa principale		monolocale	
	tipo	anno installazione	tipo	anno installazione
ACS	scaldabagno elettrico	2014 (50 litri)	scaldabagno elettrico	2014 (20 litri)
riscaldamento	2 PdC	2014 (9000 Btu/h)		
raffrescamento				

Tabella 35 . Elettrodomestici e illuminazione

utenza	Casa principale		Monolocale
		(numero)	(numero)
frigorifero		1	1 (piccola taglia)
TV		2	0
lavatrice		1	1
lavastoviglie		0	0
forno elettrico		1	
forno microonde		0	1
ventilatori		0	0
autoclave e pompa a immersione		1+1 (totale 2.5 cv)	
Cancello elettrico		1	
lampade	alogene	Esterno	
	incandescenza	Resto casa	x

	LED	Bagni	
--	-----	-------	--

L'utenza nel suo complesso (abitazione principale e monolocale) è collegata ad un unico contatore con alimentazione monofase da 6 kW il cui monitoraggio è iniziato a fine giugno ed è ancora in atto.

Il progetto della simulazione si è quindi focalizzato sui consumi dei due sistemi split, uno installato nella zona giorno e uno installato nella zona notte, sui consumi per la produzione di ACS e sui consumi dovuti all'illuminazione e alle principali apparecchiature elettriche presenti.

L'edificio nei suoi aspetti geometrico-costruttivi è stato elaborato attraverso il type 56 di Trnsys e modellato in TrnBuild. Tenuto in considerazione i sopralluoghi effettuati e il fatto che si tratta di un edificio all'interno del nucleo storico recentemente ristrutturato, si è ipotizzato un edificio in muratura portante, realizzata in mattoni di tufo e rivestita all'esterno con pietra locale, solai in latero-cemento e infissi a doppio vetro in alluminio con taglio termico (Tabella 36).

Tabella 36. Stratigrafie dei componenti edilizi

Elemento	strati	s [m]	λ [W(mk) ⁻¹]	ρ [kg m ⁻³]	U [W(m ² k) ⁻¹]
Muratura esterna	Rivestimento in pietra calcarea	0.03	1.5	1900	1.25
	Malta/intonaco	0.03	0.900	1800	
	Muratura in tufo	0.30	0.650	2300	
	Intonaco	0.03	0.700	1400	
Solaio contro-terra	Pavimentazione	0.01	1.000	2300	1.30
	Massetto in malta cementizia ⁽¹⁾	0.06	0.220	500	
	Platea in malta di calce e cemento	0.10	0.300	800	
	Drenaggio in ghiaia ⁽²⁾	-	-	-	
Solaio copertura	intonaco	0.03	0.700	1400	1.3
	Massetto	0.06	0.220	500	
	Latero-cemento	0.18	0.600	950	
	Intonaco	0.03	0.700	1400	

(1) Tra il massetto in malta cementizia e in malta di calce è di norma inserito uno strato di tenuta all'acqua non influente ai fini del calcolo termico e pertanto trascurato nella simulazione; (2) Come condizione a contorno per il solaio contro-terra si è scelta la condizione $T=T_{terreno}$, opportunamente calcolata.

Dal punto di vista del calcolo si è poi considerato come da normativa UNI 11300 un apporto interno medio di 9 Wm⁻² in soggiorno/cucina e di 3 Wm⁻² nei restanti ambienti. Per gli ambienti abitati è stato poi previsto un ricambio d'aria all'ora pari a 0.33 V/h. La stagione di riscaldamento segue le normative nazionali mentre per il raffrescamento si considerano i mesi complementari; tali valori sono applicati alle uniche due zone termiche climatizzate (zona giorno e zona notte).

Definito quindi l'edificio nei suoi dettagli di base, il modello complessivo è quello riportato in Figura 103:

- due pompe di calore aria-aria da 2.6kW installata 2014 con i relativi schedule di utilizzo e due elementi di modulazione su termostato (uno per la modalità riscaldamento e l'altro per la modalità raffrescamento) basati sulla lettura della temperatura della zona in esame e impostati su un delta°C pari a +/-2°C;
- la macro per la produzione di ACS finalizzata a simulare i consumi dello scaldabagno elettrico comprensiva di schedule e termostato;
- la macro "elettrico" che racchiude una serie di types finalizzati ad ottenere i consumi elettrici delle principali apparecchiature presenti nell'abitazione con i relativi schedule che ne condizionano l'utilizzo;

- la macro "light" che racchiude una serie di type finalizzati ad ottenere i consumi elettrici per l'illuminazione degli ambienti con i relativi schedule che ne condizionano l'utilizzo.

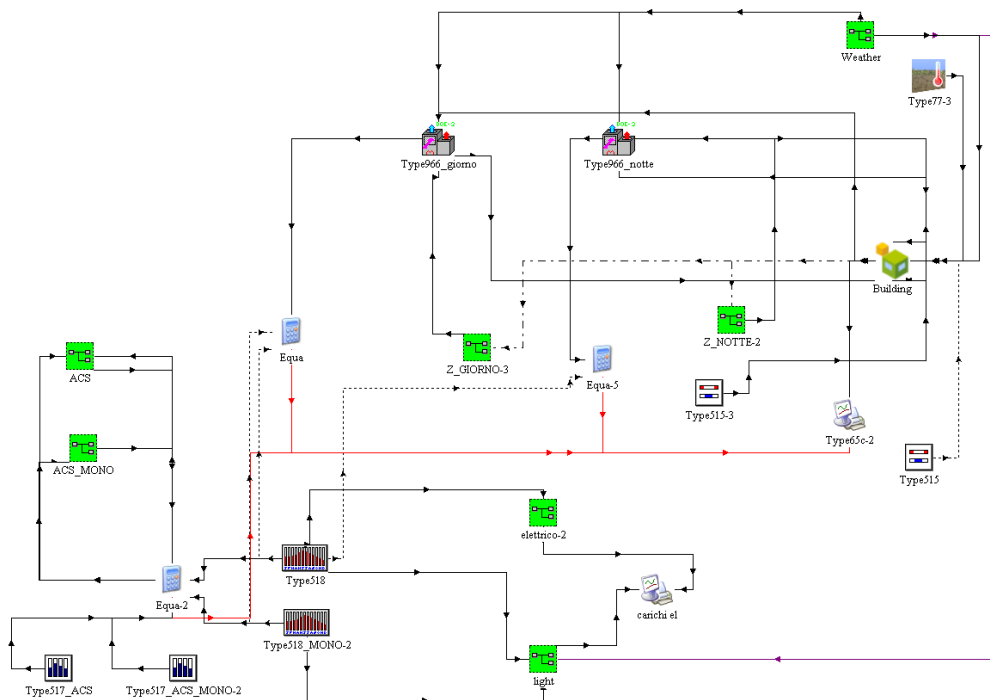


Figura 103. Modello Trnsys.

Anche in questo caso, punto focale della simulazione è la definizione delle schedule che regolano l'accensione/spengimento dei vari elementi, essendo i consumi strettamente connessi con le abitudini degli utenti. Così come per l'appartamento si è quindi fatto riferimento ai dati acquisiti durante i sopralluoghi sulle abitudini degli utenti che sono stati poi raffrontati con i dati di consumo e di bolletta forniti da S.EL.I.S (analizzati nel paragrafo 5.4.1, *utenza r9*). Differentemente da quanto fatto per l'utenza 1, su base annuale sono considerati due fattori di utilizzo (f_u e $f_{u,m}$). Il primo, per l'abitazione principale, è stato calcolato seguendo lo stesso metodo utilizzato per l'utenza 1 con riferimento ai consumi del 2015 forniti da S.EL.I.L. Figura 104, il secondo è stato invece valutato in base alle affluenze turistiche così come definite nel paragrafo 2.1-Figura 8.

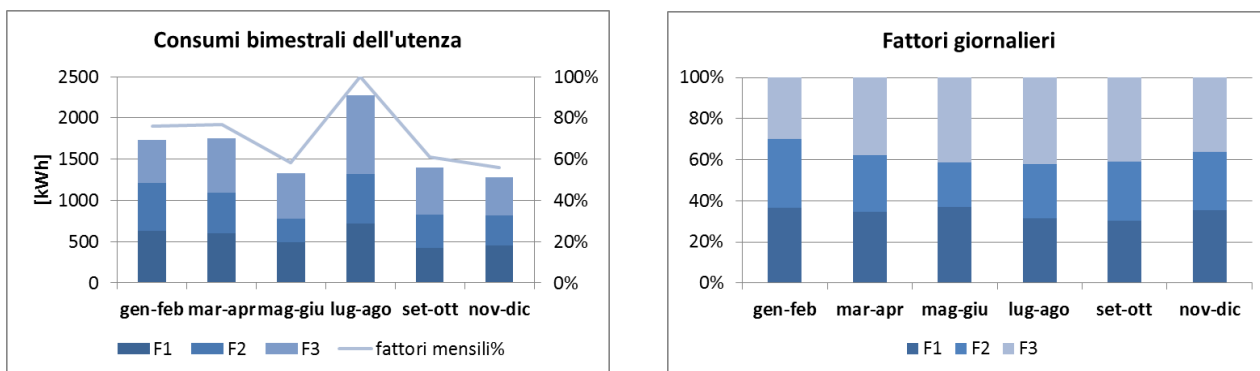
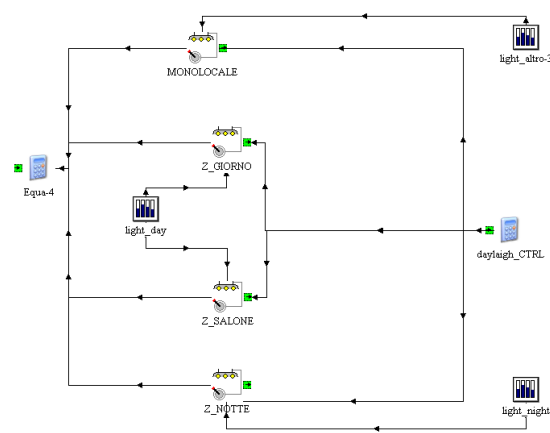


Figura 104. Consumi bimestrali e schedule di utilizzo.

Il type 966, già descritto nel paragrafo precedente è stato utilizzato per modellare le due **pompe di calore**. Anche il controllo ON/OFF segue le logiche applicate al caso dell'utenza 1 che tengono conto dell'occupazione (così come descritto prima), del periodo riscaldamento/raffrescamento e della temperatura di comfort della zona termica interessata.

I consumi per la **produzione di ACS** per ciascuno scaldabagno sono stati valutati attraverso l'utilizzo di due type interconnessi: un serbatoio isolato da 50 litri nell'abitazione principale e uno da 20 litri nel monolocale attiguo, connessi rispettivamente con una resistenza elettrica da 1200W e una da 1000 W che si attiva grazie ad un controllo da termostato. I consumi di acqua calda in termini di litri al giorno sono stati quindi valutati tenendo in considerazione sia la normativa UNI 11300 sia dalla rielaborazione dei dati di approvvigionamento idrico dell'isola e sono stati distribuiti, per analogia con l'utenza 1, considerando i dati dedotti dal monitoraggio dello scaldabagno dell'altra utenza.

Per quanto riguarda gli **altri consumi elettrici**, il modello di simulazione propone una valutazione basata sue due macro: una per i consumi dovuti all'illuminazione (macro denominata *light*) e una per i consumi dovuti alle apparecchiature principali (macro denominata *altro_el*). In entrambi i casi si è utilizzato lo stesso metodo proposto per la valutazione dei carichi elettrici dell'utenza 1, il cui set e dati di ingresso sono riportati in Figura 105 e Tabella 37.



Parameter	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Time delay	0.125	hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Fixture power	280	W	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Lamp power	280	W	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Special allowance factor	1	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Convective fraction	0.85	Fraction	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Heat to space fraction	1.0	Fraction	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 105. Macro "Light"

Tabella 37 Consumi tipici degli elettrodomestici, rielaborazione dei dati derivati dal software TIDOMUS utilizzati come input per la macro *altro_el*

	93	40	93	40	93	40	93	213	213	40	40	93	213	213	40	93	40	93	387	127	127	40	93	40	
costante																									
giornaliero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333	200	200	167	0	0	0
altro_cucina	0	0	0	0	0	0	0	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	387	119	119	0	0	0	0
autoclave/autopompa	111	111	111	111	111	111	111	111	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333
lavatrice	0	0	0	0	0	0	0	0	383	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
forno_micro																									

Definito quindi il modello di calcolo si è proceduto con una sua calibrazione (Figura 106) in base ai dati bimestrali di bolletta.

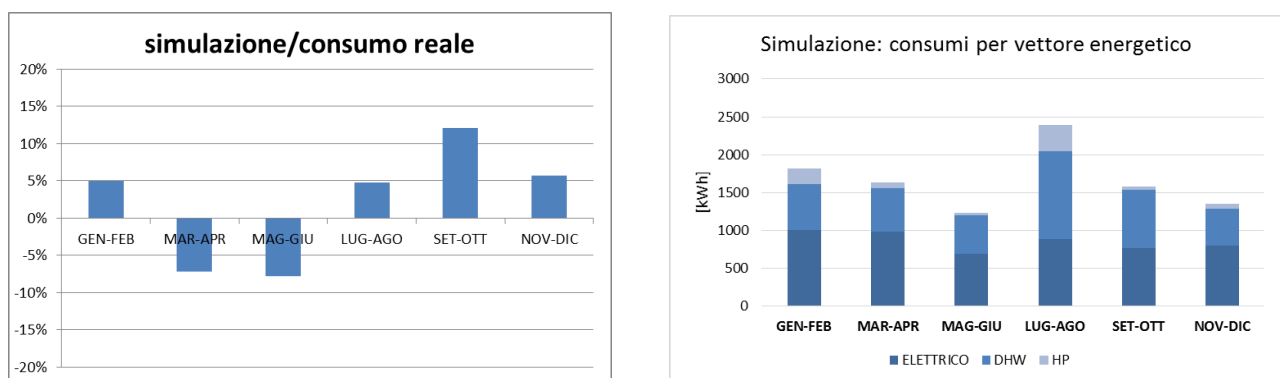


Figura 106 Risultati della calibrazione del modello

L'andamento orario dei consumi dovuti alla PdC per zona giorno (HP_cooling_G e HP_heating_G) e per la zona notte (HP_cooling_N e HP_heating_N) e le corrispondenti temperature (T_zona_G e T_zona_N) sono riportati in Figura 107. I risultati per le macro light e altro_el sono invece rappresentati in Figura 108.

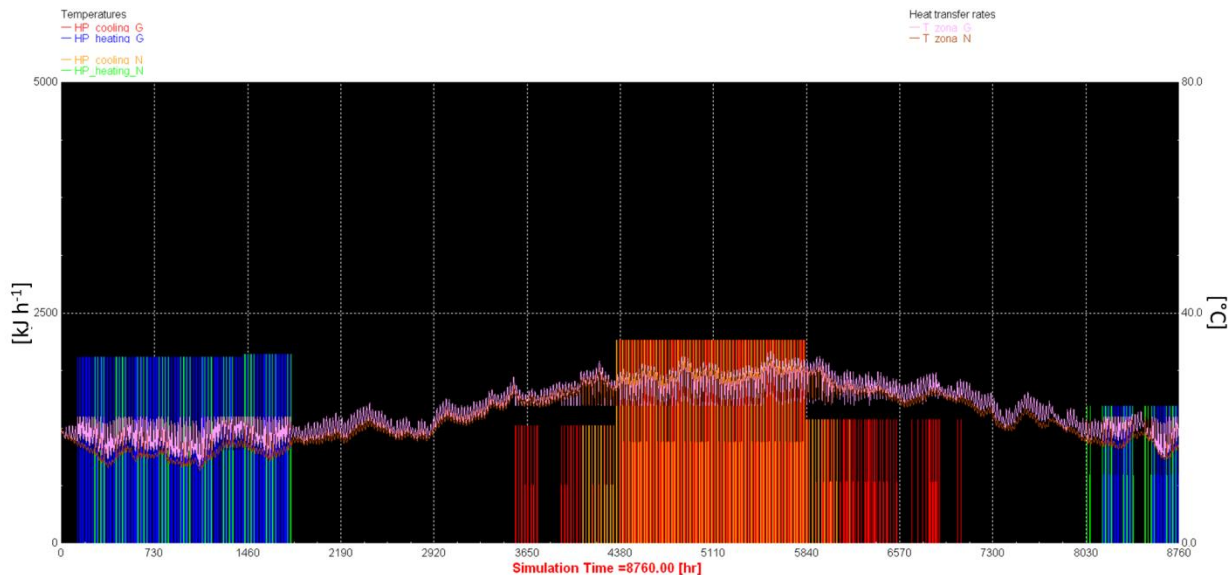


Figura 107. Risultati della simulazione, carichi elettrici per condizionamento e andamenti delle temperature.

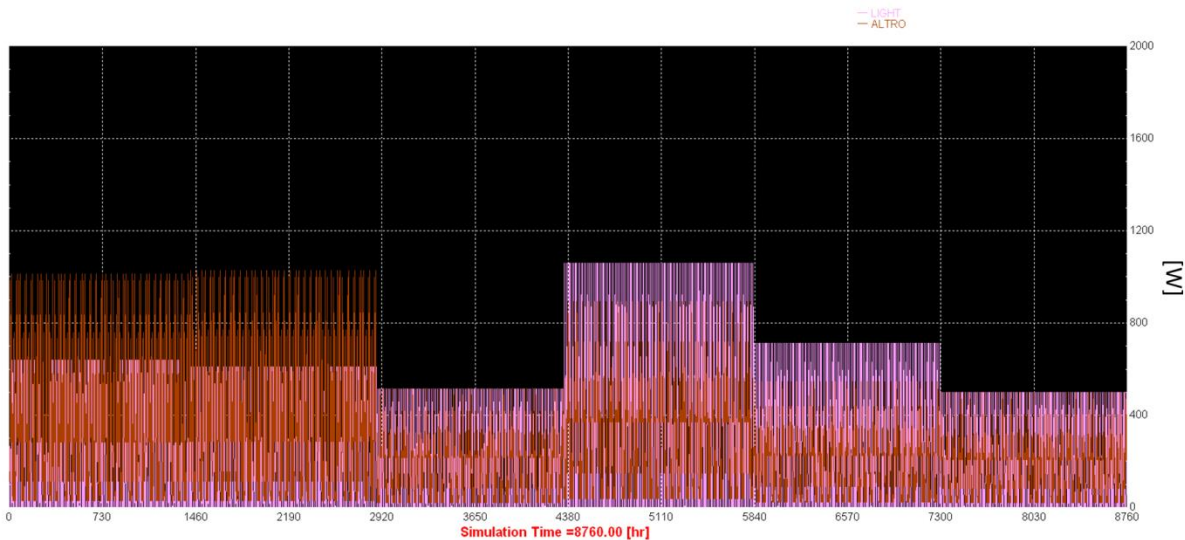


Figura 108. Risultati della simulazione, carichi elettrici per illuminazione e altri usi.

7.3.2 Soluzione 1

Anche per il caso della villetta isolata sono state svolte delle simulazioni aventi come obiettivo la stima del risparmio di energia elettrica rispetto allo stato di fatto (boiler elettrico).

I risultati di seguito riportati (Figura 109, Figura 110, Figura 111 e Figura 112) mostrano che il sistema solare riesce a coprire per la massima parte il fabbisogno per ACS. Anche in questo caso il risparmio di energia elettrica su base annuale risulta infatti di circa 94%.

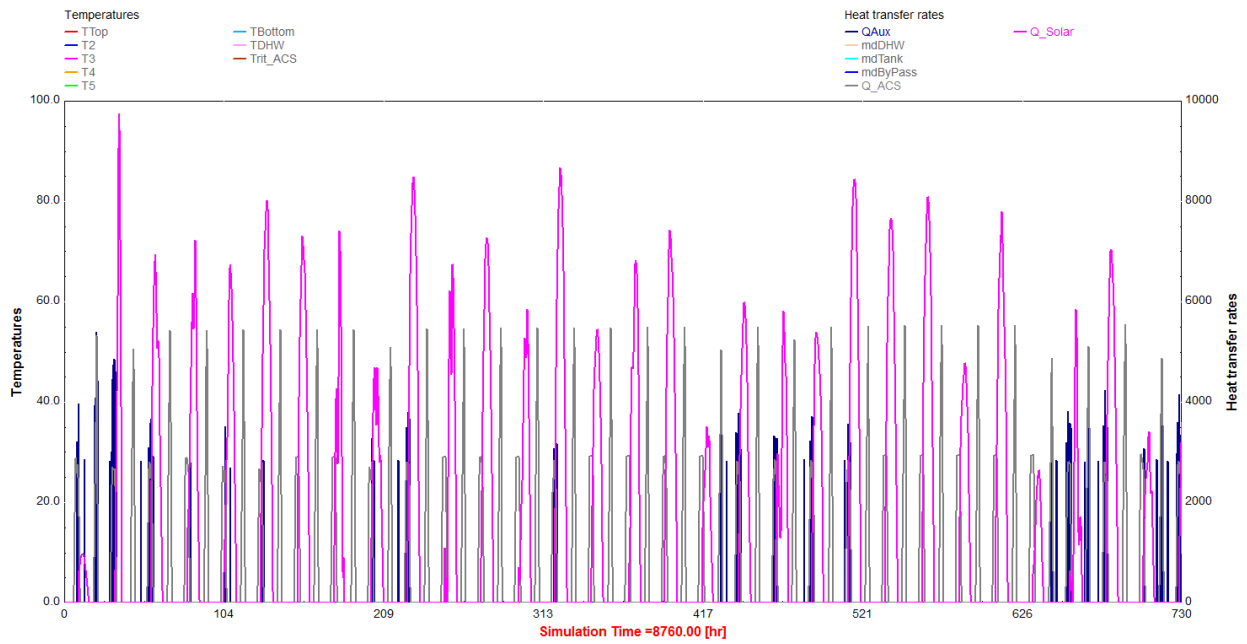


Figura 109. Andamento della produzione di calore solare (lilla), del potenza termica per ACS (grigio) e potenza termica dell’ausiliario – resistenza elettrica (blu) per il mese di Gennaio.



Figura 110. Andamento della produzione di calore solare (lilla), della potenza termica per ACS (grigio) e potenza termica dell’ausiliario – resistenza elettrica (blu) per il mese di Gennaio.

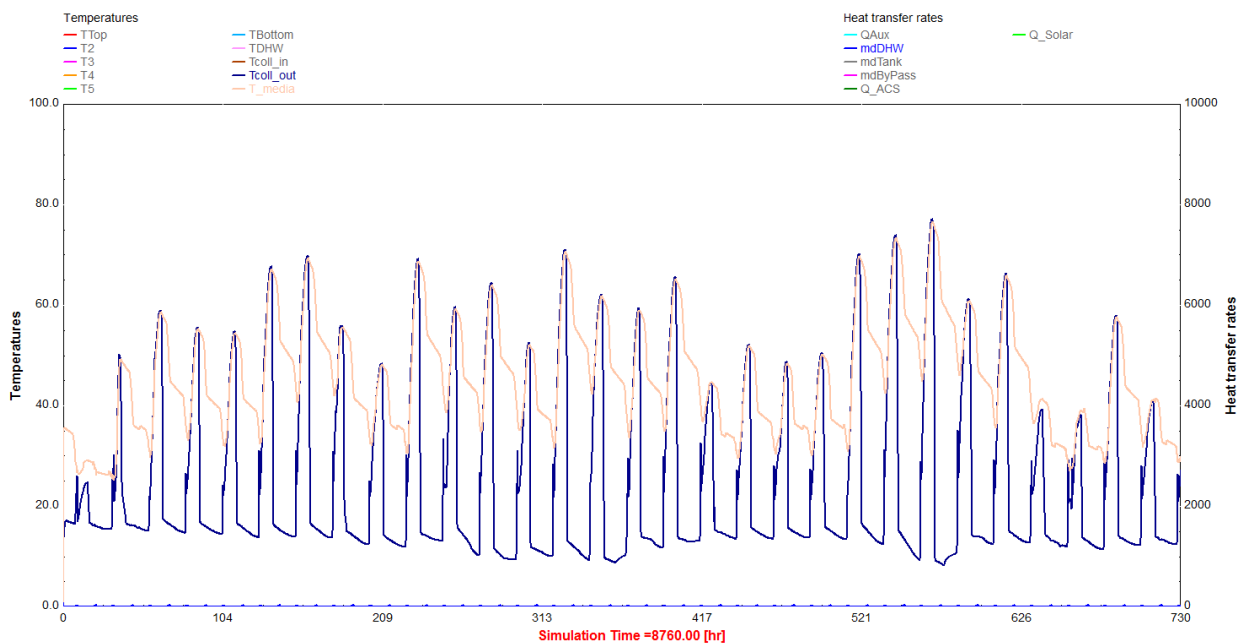


Figura 111. Andamento della temperatura media dell’acqua all’interno del serbatoio di accumulo (rosa), della temperatura del collettore solare (blu) per il mese di Gennaio.

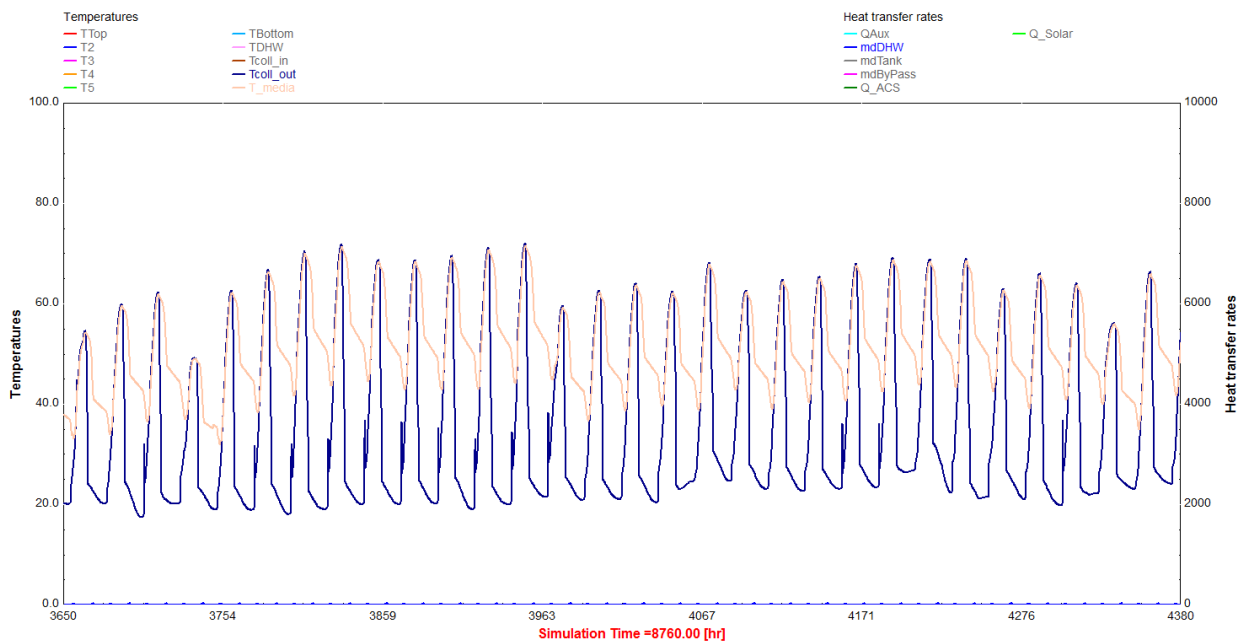


Figura 112. Andamento della temperatura media dell’acqua all’interno del serbatoio di accumulo (rosa), della temperatura del collettore solare (blu) per il mese di Giugno.

7.3.3 Soluzione 2

Così come fatto per l’utenza posta all’interno del centro urbano, si è proceduto ad esaminare il comportamento di un sistema simile a quello descritto precedentemente. In questo caso la dimensione dei collettori solari è minore e pari a 8 m² pari a circa quattro collettori comunemente utilizzati per la produzione di ACS. Per il resto il sistema presenta caratteristiche del tutto simili a quello visto nel paragrafo 7.2.3.

Anche in questo caso vengono presentati i risultati per una settimana tipica estiva ricadente nella seconda metà del Mese di Luglio (Figura 113 e Figura 114). È possibile notare come durante le ore diurne il sistema sia in grado di mantenere le condizioni desiderate in ambiente, operando a regime parziale.

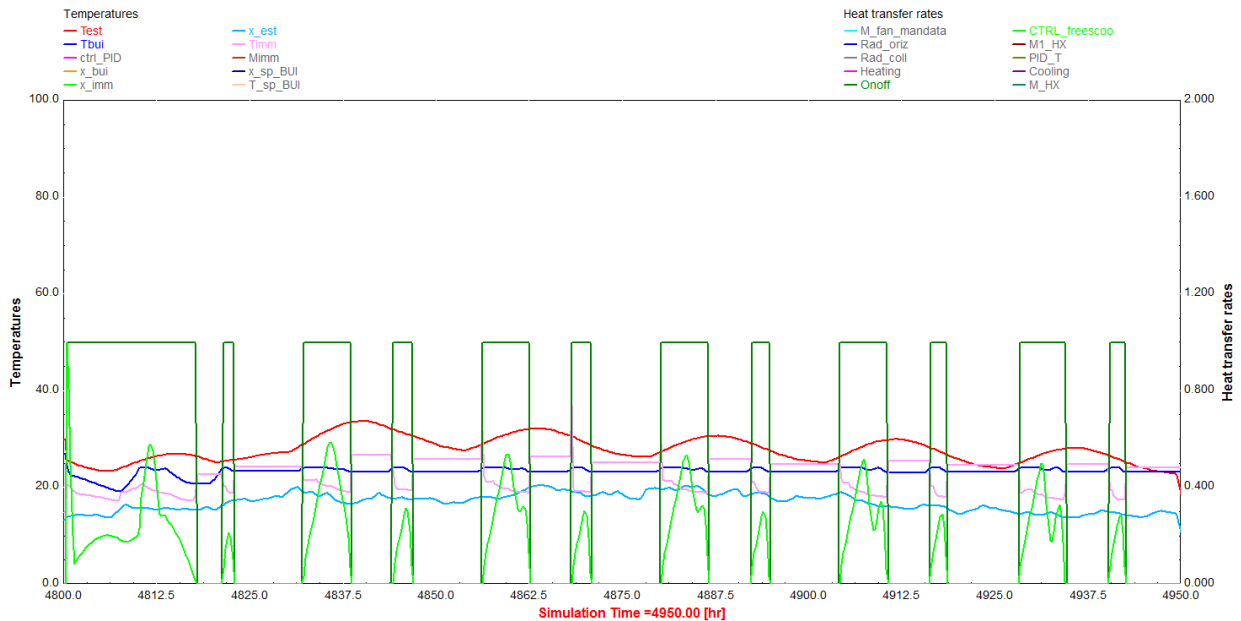


Figura 113. Andamento della temperatura dell'aria esterna (rosso), dell'edificio (blu), mandata dell'UTA (rosa), del controllore PID utilizzato per la regolazione della portata (verde).

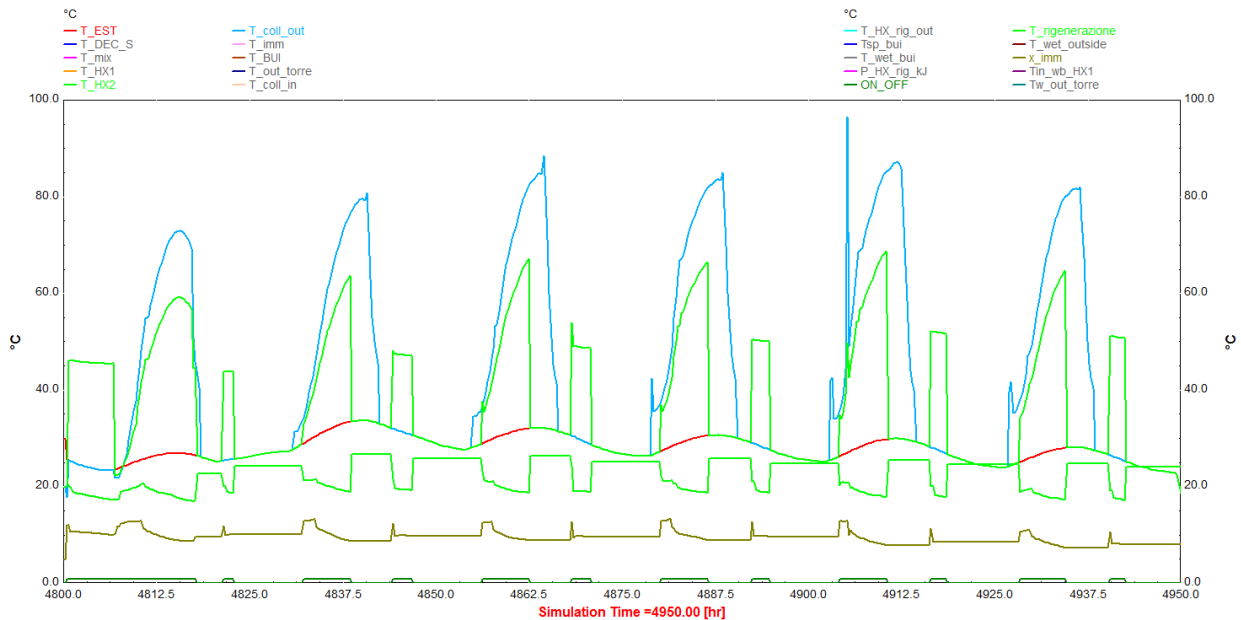


Figura 114. Andamento della temperatura dell'aria all'uscita dei collettori solari (azzurro) e dell'aria di rigenerazione (verde).

In termini di potenza elettrica assorbita (vedi Figura 115), i valori massimi restano sempre minori di 200 Watt mentre l'andamento del COP in funzione della potenza frigorifera totale e di quella inviata in ambiente rispetto all'assorbimento elettrico è rappresentato in Figura 116.

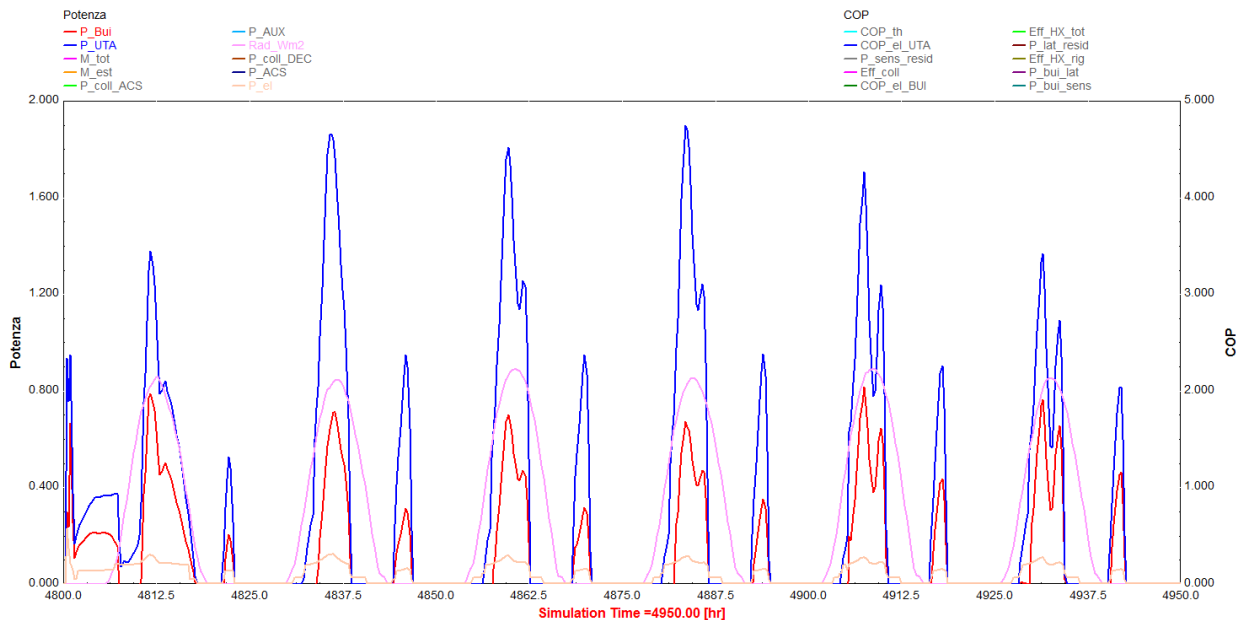


Figura 115. Andamento della potenza frigorifera totale (blu), della potenza frigorifera inviata in ambiente (rosso), potenza elettrica (rosa) e della radiazione solare in W/m^2 (lilla).

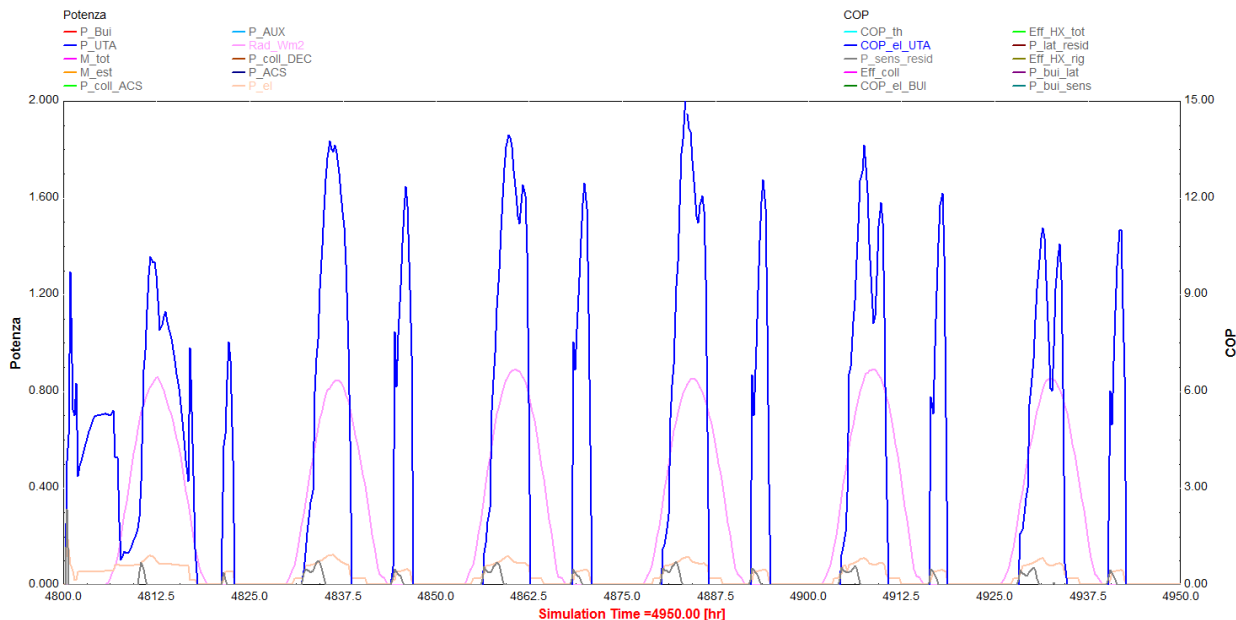


Figura 116. Andamento del COP elettrico calcolato sulla base del totale della potenza frigorifera (blu), COP elettrico calcolato sulla base della potenza frigorifera inviata in ambiente (verde), e della potenza elettrica assorbita (rosa).

La tabella seguente mostra infine i risultati complessivi ottenuti per la stagione estiva ed invernale. La frazione solare per ACS è molto alta anche in questo caso (99% in estate e 70% in inverno). Il risparmio di energia elettrica complessivo dato dall'utilizzo dei collettori solari per ACS, climatizzazione estiva ed invernale è di circa 80%.

Tabella 38. Prestazioni energetiche del sistema.

Solare + PdC ACS e freesco	Estate		Inverno		Scaldabagno per ACS e split (stato di fatto)			
					Estate	Inverno		
F solare estate ACS	99.2%	70.2%						
Aux per ACS	10	103	kWh	COP PdC	2.8	3.2		
Totale solare	6408	2046	kWh	ACS	1261	344	1605	kWh
Totale En UTA	519	242	kWh	Clima	136	81	217	kWh
Totale En edificio	140	174	kWh					
COP el tot	20.1	18.2						
Tot carico sens	380	260	kWh					
Tot carico lat	0	0	kWh	Consumo el tot	1396	426	1605	
Residuo sens	105	124	kWh					
Residuo lat	64	0	kWh	Risparmio	1281	kWh		
Bilancio dei consumi elettrici								
	Estate	Inverno						
Consumo el UTA	88	27	kWh					
Consumo PdC aux UTA	53	44	kWh					
Consumo resistenza ACS	10	103	kWh					
Consumo el tot	151	174	kWh					
			kWh					
Risparmio energia totale	89%	59%						

7.3.4 Soluzione 3

L'impianto fotovoltaico ipotizzato, con una potenza di picco di 6.7 kWp, produce circa 9000 kWh/anno con copertura di carico del 90% su base annuale. In base alle rilevazioni svolte, il carico elettrico annuale complessivo è di 9972 kWh con picchi di consumo nella stagione estiva (c.a. 1180 kWh/mese) e minimi nei mesi tardo-primaverili (c.a. 600 kWh/mese). Si è verificata la fattibilità dell'installazione di un sistema di accumulo elettrico con funzione di peak shaving e massimizzazione dell'autoconsumo. Le configurazioni indagate per quanto attiene il dispositivo di accumulo elettrico sono quattro: 6, 12, 18 e 24 kWh di capacità. Nella simulazione oraria si è valutato ora per ora il bilancio produzione/accumulo/consumo i cui risultati sono riportati in Tabella 39 e in Figura 117.

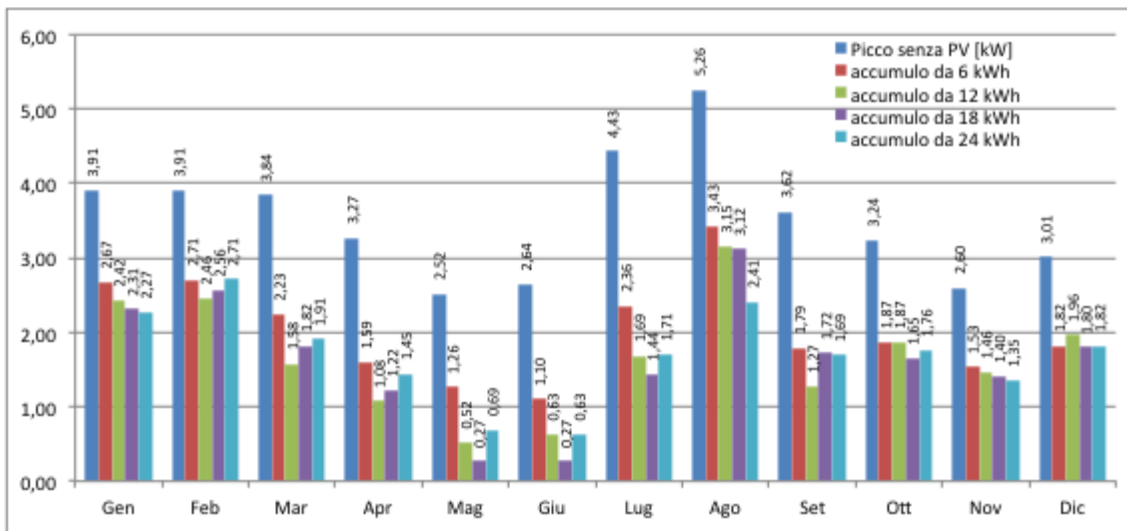


Figura 117. Prestazioni del sistema PV.

Tabella 39. Prestazioni del sistema PV.

Mese	Carico [kWh]	Elettricità dalla rete [kWh]			
		accumulo da 6 kWh	accumulo da 12 kWh	accumulo da 18 kWh	accumulo da 24 kWh
Gen	947.72	690.40	569.94	478.11	436.83
Feb	876.21	632.95	523.91	421.25	403.91
Mar	882.02	590.48	485.38	390.14	295.27
Apr	749.55	386.57	275.36	156.61	121.73
Mag	614.41	281.66	159.53	90.86	96.29
Giu	620.12	272.29	154.61	86.95	89.16
Lug	1160.01	622.71	501.04	386.13	305.08
Ago	1183.44	693.55	594.46	481.89	408.18
Set	790.63	468.67	366.48	254.34	143.38
Ott	793.25	502.48	395.89	262.58	177.63
Nov	628.81	385.95	280.37	179.98	172.33
Dic	725.75	515.48	402.64	306.84	249.84
Tot	9971.92	6043.18	4709.60	3495.66	2899.6266
<i>Riduzione prelievo dalla rete</i>		39%	53%	65%	71%

Le simulazioni svolte indicano che un accumulo elettrico di 6 kWh è già in grado di ridurre il prelievo dalla rete di circa il 40% su base annuale. La riduzione del picco di potenza assorbita dalla rete è dell'ordine del 35% nel mese di agosto, mese in cui si registrano i valori massimi, e fra il 30 e il 40% nei mesi invernali. Percentuali di riduzione lievemente maggiori si possono apprezzare con una capacità di 12 kWh: il picco estivo si riduce del 40% mentre quello invernale rimane pressoché stabile (riduzione fra il 30 e il 40%). La riduzione del prelievo dalla rete è invece del 53%. Risultati molto più soddisfacenti da questo punto di vista si otterrebbero con un accumulo da 24 kWh, con riduzione prelievo annuale del 72%, riduzione picco estivo del 54% e riduzione media invernale del 40%. È ovvio che tale soluzione è, da un punto di vista economico poco sostenibile. Si ritiene quindi che una configurazione da 12 kWh possa rappresentare un buon compromesso fra gli aspetti prestazionali tecnici ed economici.

7.3.5 Soluzione 4 e 5

Durante la fase di calibrazione del modello si sono valutati i consumi di illuminazione in base alla tipologia degli apparecchi illuminanti installati, senza attivare un vero e proprio controllo sul livello di illuminamento interno. Nella fase di valutazione delle strategie di retrofit si è quindi proceduto sostituendo i seguenti input:

- potenza installata per l'illuminazione ipotizzando di sostituire le lampade presenti con apparecchi a Led (scenario LED)
- potenza installata per l'illuminazione nell'ipotesi di apparecchiature a Led con introduzione di un controllo di accensione regolato sul livello di illuminamento richiesto per ciascuna zona a seconda del compito visivo assolto (scenario LED+ctrl)
- sola introduzione di un controllo BAC sulle potenze richieste dagli elettrodomestici (scenario BAC)

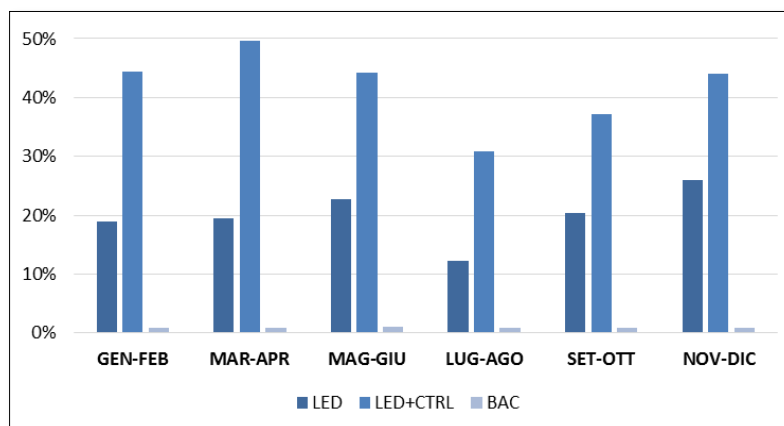


Figura 118. Risultati in termini di risparmio energetico per la soluzione 4 e 5.

In sintesi, si sono quindi stimati su base annuale:

- un risparmio rispetto al consumo per l'illuminazione attuale del 24% e del 35% rispettivamente per la mera sostituzione delle lampade e per la conseguente attivazione del controllo di illuminamento;
- un risparmio rispetto al totale dei consumi elettrici del contatore attuale pari a 19% e 41% con un picco di assorbimento elettrico ridotto da 5,6 a 4,7 kW a 3.5 kW, entrambi rispettivamente per la mera sostituzione delle lampade e per la conseguente attivazione del controllo di illuminamento;
- un risparmio dell'ordine del 1% rispetto al consumo attuale nel caso di introduzione di controlli BAC sugli elettrodomestici

7.4 Utenza 3: Hotel

7.4.1 Stato di fatto, calibrazione del modello

L'hotel oggetto di studio si trova nella zona periferica a sud-ovest del centro abitato, si tratta di una struttura su tre livelli, di cui uno seminterrato destinato ai locali tecnici, più un attico dove si trova accesso alla copertura piana e una sola camera. L'albergo dispone di 23 camere per un totale di 44 posti letto, al suo interno si trovano inoltre un ufficio per il direttore, un ristorante (con annessa cucina utilizzata attualmente per la sola colazione), un bar, un'ampia reception e una sala di attesa. L'albergo dispone di due contatori uno da 33kW con alimentazione trifase a servizio della PdC e uno da 31,25 kW per i restanti usi, i cui consumi sono riportati in Figura 119.

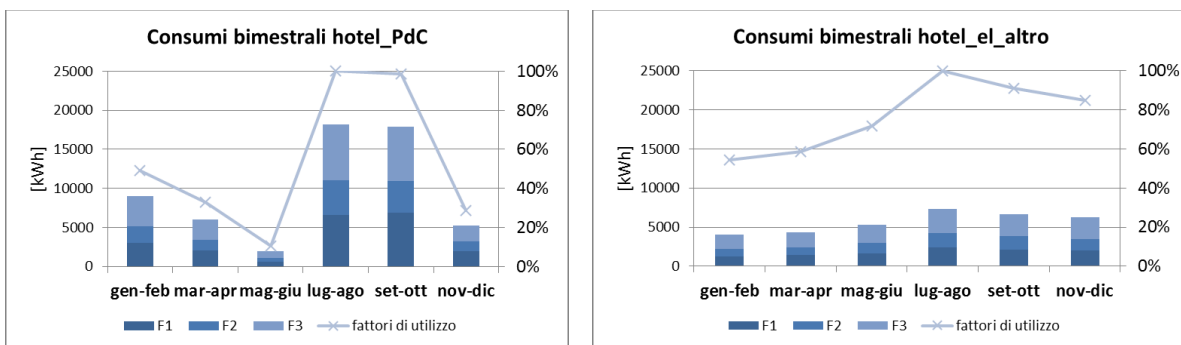


Figura 119. Dati di consumo dalle bollette del 2015.

Ai fini della simulazione si è scelto di unire gli ambienti in base alla loro destinazione d’uso (e di conseguenza alla possibile curva di occupazione degli ambienti stessi) ed in base al loro orientamento prevalente. Nello specifico si sono quindi individuate 5 zone composte da un numero variabile di camere; una zona relativa agli ambienti di disimpegno, sistema di risalita e corridoio, una zona comprendente l’ufficio, una corrispondente alla sala ristorante e una alla cucina. (Figura 120).





Figura 120 Schema in pianta della distribuzione funzionale e zonizzazione termica

Nell'ambito delle attività di ricerca previste, è stato quindi sviluppato un modello TRNSYS in grado di simulare e replicare il comportamento termo-fisico del complesso edificio-impianti dell'Hotel. Più in particolare, è stato costruito il modello multi-zona dell'involucro edilizio tenendo conto delle informazioni acquisite durante i sopralluoghi riguardo materiali e tecniche costruttive (Tabella 40) e delle planimetrie. Nel caso specifico, si è quindi organizzato il modello raggruppando in modo opportuno i type relativi al calcolo dei tre elementi fondamentali (Figura 121):

- l'edificio modellato in TRN-Build;
- una macro "ill_altro utile a descrivere i consumi elettrici dovuti all'illuminazione e alle apparecchiature presenti, corrispondenti al contatore "altri usi";
- una macro utile a descrivere il funzionamento della PdC, corrispondente al contatore PdC.

Tabella 40. Stratigrafie dell'involucro edilizio

Elemento	strati	s [m]	λ [$W(mk)^{-1}$]	ρ [$kg\ m^{-3}$]	U_{rif} [$W(m^2k)^{-1}$]
Muratura esterna	Intonaco	0.03	0.900	1800	2.50
	Muratura in tufo	0.30	0.650	2300	
	Intonaco	0.03	0.700	1400	
Solaio latero-cemento⁽¹⁾	pavimentazione	0.01	1.000	2300	1.3
	Massetto	0.06	0.220	500	
	Latero-cemento	0.18	0.600	950	
	Intonaco	0.03	0.700	1400	

(1) Identica struttura è utilizzata sia per il solaio verso il seminterrato (dove è stata introdotta una zona fittizia per valutare gli scambi termici, sia per i solai fra i diversi piani, sia per quello di copertura dove è stato aggiunto uno strato di isolante da 3 cm ($U_{rif} = 0.45\ W(m^2k)^{-1}$)

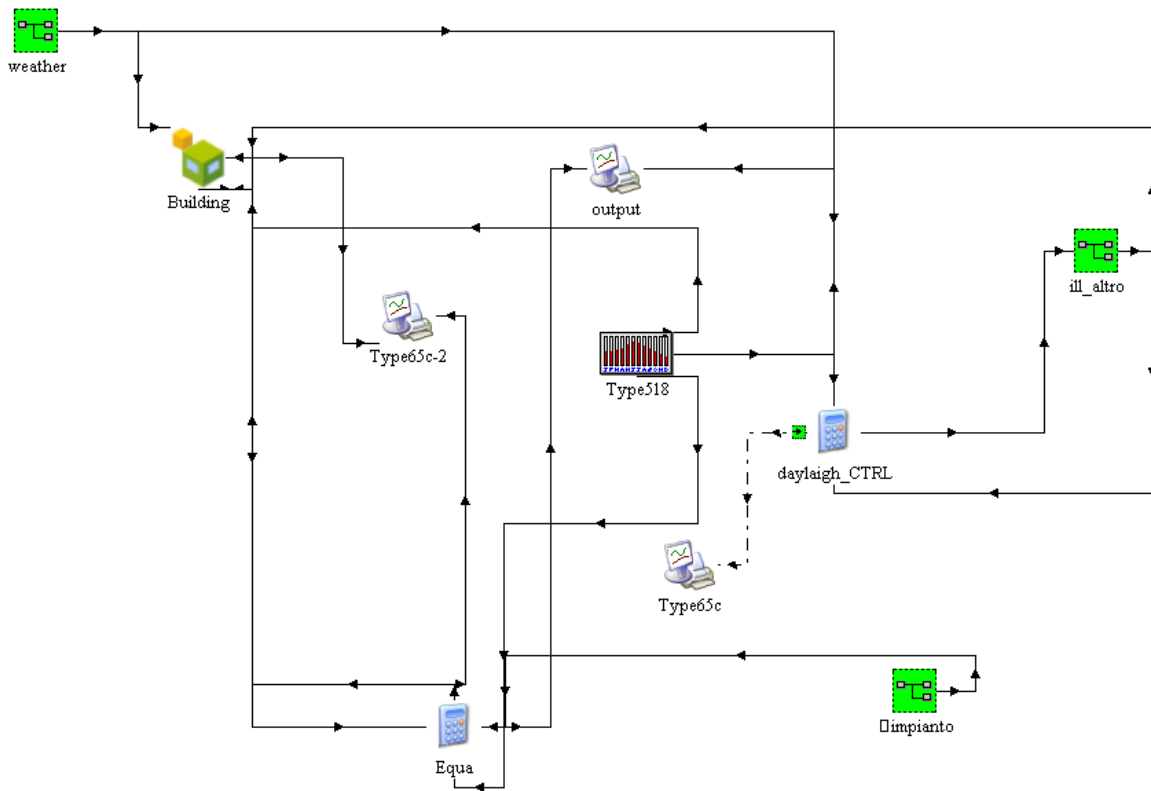


Figura 121. Schema modello Trnsys.

Il modello della macro “ill_altro” segue nella sua progettazione la logica già utilizzata nei casi studio precedenti distinguendo per ciascuna zona i carichi elettrici dovuti all’illuminazione e computando quelli dovuti alle diverse apparecchiature presenti, i cui input sono riassunti in Tabella 41. Tali consumi sono stati poi normalizzati attraverso un fattore di utilizzo mensile f_u , valutato come nei casi precedenti rispetto ai dati di bolletta dei contatori (Figura 119).

Tabella 41. Consumi elettrici per le apparecchiature rielaborati con TiDOMUS e usati come input [W].

frigo	204	204	204	204	664	664	204	664	664	204	664	664	204	664	664	204	664	664	204
tv	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
led																			
lavatrice								1.533	300										
macchina per caffè					2.000	2.000	2.000					2.000							
frigo_congelatore	107	107	107	107	347	347	107	347	347	107	347	347	107	347	347	107	347	347	107
autoclave	250	250	250	250	250	250	250	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
estrattore					300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

Per quanto concerne gli impianti, si è provveduto a sviluppare un modello accurato di Pompa di Calore a quattro tubi con recupero totale di calore in grado di replicare in modo affidabile l’apparecchiatura presente realmente (Climaveneta NECS-NR 0302). Si tratta di una unità reversibile aria-acqua con recupero totale del calore di condensazione per la produzione simultanea di acqua refrigerata/riscaldada con compressori ermetici rotativi di tipo Scroll, con R410A, ventilatori assiali, scambiatore a piastre saldobrasate e valvola di espansione termostatica. La macchina, le cui caratteristiche sono riassunte nella Tabella 42, è progettata per essere installata in ambiente esterno.

Tabella 42. Caratteristiche tecniche della Pompa di Calore NECS-NR 0302

Pompa di Calore NECS-NR 0302		
REFRIGERAZIONE (GROSS VALUE)		
Potenza frigorifera	73,3	kW
Potenza assorbita totale	27,6	kW
EER	2,66	kW/kW
RISCALDAMENTO (GROSS VALUE)		
Potenza termica totale	83,1	kW
Potenza assorbita totale	26,3	kW
COP	3,16	kW/kW
REFRIGERAZIONE CON RECUPERO TOTALE		
Potenza frigorifera	76,3	kW
Potenza assorbita totale	24,5	kW
Potenza termica al recuperatore	99,3	kW
SCAMBIATORI		
<i>SCAMBIATORE UTENZA IN REFRIGERAZIONE</i>		
Portata	12,6	m ³ /h
Perdita di carico	45	kPa
<i>SCAMBIATORE UTENZA IN RISCALDAMENTO</i>		
Portata	14,4	m ³ /h
Perdita di carico	59,1	kPa
RECUPERATORE UTENZA IN REFRIGERAZIONE		
Portata	17,3	m ³ /h
Perdita di carico	84,2	kPa
CIRCUITO FRIGORIFERO		
N. compressori	2	N°
N. circuiti	2	N°

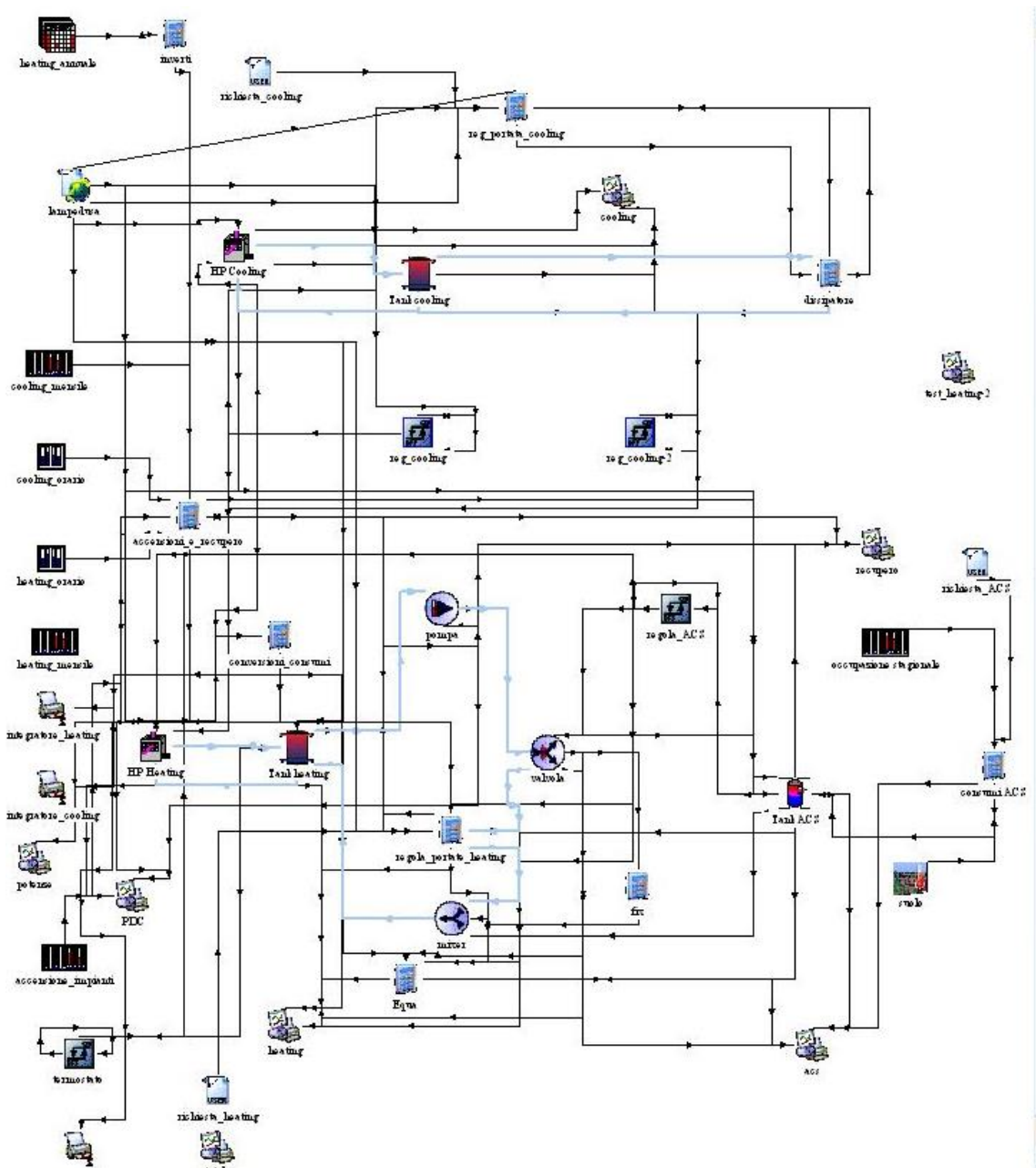


Figura 122. Modello Trnsys per la simulazione della PdC

È stato quindi necessario simulare separatamente i due compressori e i relativi i sistemi di accumulo termico ad acqua, così come riportati schematicamente in Figura 123. Più nel dettaglio la produzione di freddo è assistita da un serbatoio isolato di acqua tecnica del volume di 2 m³ che a sua volta alimenta i fan coil presenti nell’edificio con una pompa di circolazione a portata variabile proporzionale al carico (cioè proporzionale alla differenza di temperatura tra mandata e ritorno fan coil). La produzione di acqua tecnica fredda in condizioni nominali prevede una temperatura di mandata di 7 °C e un ritorno a 12 °C. Sulla base dei dati tecnici forniti dal costruttore sono stati sviluppati i diagrammi per il calcolo della potenza di raffreddamento in funzione della variazione della temperatura dell’acqua in ingresso alla pompa di calore e in base alla variazione di temperatura dell’aria ambiente. La adozione di un serbatoio di accumulo termico nel circuito conferisce inerzia termica al sistema e limita il numero di cicli di accensioni-spegnimento del compressore. Il circuito idronico dedicato alla produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e riscaldamento è assistito dal medesimo serbatoio di accumulo termico ma è caratterizzato da una più elevata complessità: il serbatoio di accumulo caldo alimenta una linea idraulica che distribuisce calore ai fan coil e, tramite uno

scambiatore di calore, mantiene caldo un ulteriore serbatoio dedicato alla produzione di ACS. Nel caso di richiesta di ACS da parte dell'utenza, la diminuzione di temperatura al serbatoio ACS richiama l'intera portata di acqua tecnica disponibile dal serbatoio caldo (priorità ACS rispetto a riscaldamento). Il circuito fan coil è alimentato da una pompa di circolazione a portata variabile proporzionale al carico (cioè proporzionale alla differenza di temperatura tra mandata e ritorno fan coil). La produzione di acqua tecnica calda in condizioni nominali prevede una temperatura di mandata di 46 °C e un ritorno a 41 °C. Anche in questo caso, sulla base dei dati tecnici forniti dal costruttore sono stati sviluppati i diagrammi per il calcolo della potenza di riscaldamento in funzione della variazione della temperatura dell'acqua in ingresso alla pompa di calore e in base alla variazione di temperatura dell'aria ambiente. Nel periodo estivo, durante i cicli di funzionamento in modalità raffreddamento, il calore di recupero viene interamente utilizzato per mantenere in temperatura ottimale il serbatoio ACS. Nel caso in cui il serbatoio sia già in temperatura si è modellizzata la dissipazione del calore di recupero.

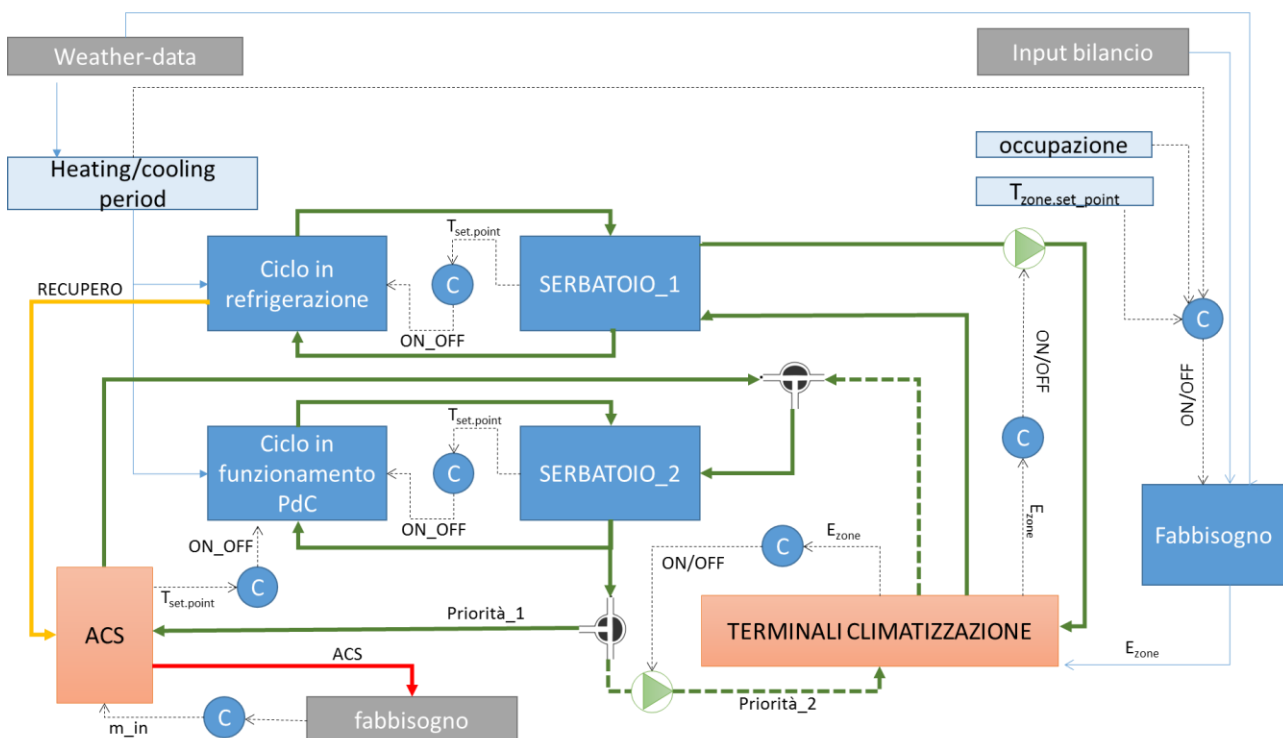


Figura 123. Schema del modello di simulazione Trnsys per la PdC.

I serbatoi di accumulo termico sono caratterizzati da un coefficiente medio di scambio termico con l'ambiente circostante di 4,5 kJ/h.m².K. L'acqua di reintegro al serbatoio ACS è considerata ad una temperatura variabile pari alla temperatura del suolo ad una profondità di 1,5 metri. Si è considerata una temperatura media annuale del suolo di Lampedusa pari 17 °C ed una ampiezza della oscillazione annuale in superficie pari a 5 °C. I profili orari di fabbisogno di ACS, similamente ai casi studio precedenti, tengono in considerazione i consumi mensili della PdC monitorati presso l'utenza (paragrafo 5.5.2) e le indicazioni della norma UNI-TS 11300. Per meglio apprezzare l'andamento delle temperature nei serbatoi di accumulo e per meglio valutare la durata dei cicli di accensione e spegnimento della macchina, il modello TRNSYS permette di utilizzare un time-step di simulazione estremamente breve pari a 90 secondi.

Il modello sopraccitato è stato quindi tarato tenendo conto delle rilevazioni effettuate sul fabbisogno di energia elettrica in-situ: lo scostamento annuale tra dati rilevati e dati simulati è contenuto entro il 9%.

I risultati della simulazione TRNSYS hanno permesso di desumere i consumi elettrici imputabili alla pompa di calore sopraccitata. La Tabella 43 riepiloga i fabbisogni elettrici complessivi della pompa di calore per entrambi gli usi finali.

Tabella 43 Fabbisogni della Pompa di Calore

[kWh]	RISCALDAMENTO+ACS	RAFFRESCAMENTO
Gennaio	1875	0
Febbraio	1632	0
Marzo	1786	0
Aprile	1637	0
Maggio	1696	0
Giugno	1798	5091
Luglio	1897	11146
Agosto	1713	12464
Settembre	1645	7043
Ottobre	1717	0
Novembre	1734	0
Dicembre	0	0

7.4.2 Soluzione 1

Allo scopo di verificare l'impatto energetico derivante dalla applicazione di diverse soluzioni integrative, è stato simulato in ambiente TRNSYS l'effetto derivante dalla adozione di un impianto solare per la produzione di ACS. Più in dettaglio, è stato ipotizzato di installare un insieme di tre collettori solari in parallelo del tipo Lochinvar SCH090 le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 44.

Tabella 44 Caratteristiche Collettori solari

Lochinvar	SCH090
Superficie lorda	8,8 m ²
Apertura	7,05 m ²
Volume fluido	7,19 l
Peso a secco	186 kg
Guadagno ottico	0,689
Portata nominale	200 kg/h
Coefficiente di perdita	3,85 W/m ² K

È stato ipotizzato un layout impiantistico che ha visto l'uscita dei collettori solari collegata ad uno scambiatore di calore dentro il serbatoio ACS. La cessione di calore al sistema è controllata da un termostato differenziale che rileva la temperatura dell'acqua tecnica in uscita dal collettore solare T_C e la temperatura sul fondo del serbatoio ACS T_{ACS} . La pompa di circolazione a servizio del predetto scambiatore di calore si attiva allorché la differenza di temperatura ($T_C - T_{ACS}$) è maggiore di > 5 K.

I risultati ottenuti dalla simulazione consentono di affermare che la adozione di questa soluzione tecnologica permetterebbe dei consistenti risparmi mensili sui consumi elettrici della pompa di calore (Tabella 45).

Tabella 45. Fabbisogni elettrici per RISCALDAMENTO e ACS.

[kWh]	senza collettore solare	con collettore solare	riduzione %
Gennaio	1875	1260	33
Febbraio	1632	1058	35
Marzo	1786	731	59
Aprile	1637	154	91
Maggio	1696	164	90
Giugno	1798	599	67
Luglio	1897	502	74
Agosto	1713	513	70
Settembre	1645	487	70
Ottobre	1717	654	62
Novembre	1734	800	54
Dicembre	0	0	-
Totale	19130	6922	64

7.4.3 Soluzione 2

I risultati ottenuti sono relativi ad una configurazione impiantistica in cui è presente la tipologia di impianto DEC descritta nel capitolo 5, in accoppiamento ad un impianto solare termico (280 m²) utilizzato anche per la produzione di acqua sanitaria (Figura 124). Si è ipotizzato di posizionare i collettori solari sul piano di copertura dell'albergo avente una superficie in pianta disponibile pari a circa 350 m².

Come integrazione termica sia estiva che invernale si è considerata la pompa di calore del tipo attualmente utilizzato. In inverno, il sistema contribuisce al riscaldamento dell'ambiente tramite immissione di aria calda riscaldata per mezzo del calore solare.

Si è ipotizzato di installare un sistema di trattamento dell'aria operante con lo stesso ciclo descritto per il Solar DEC compatto *freesco* ovvero con letti adsorbenti fissi e raffreddati e processi di raffreddamento evaporativo indiretto di tipo avanzato. In particolare l'UTA ha una portata massima di 12500 m³/h e opera a portata variabile. Nel modello è presente anche la parte relativa alla simulazione dell'impianto per la produzione di ACS ove è presente un accumulo da 4,5 m³. Le caratteristiche dei collettori solari sono quelle già viste in precedenza a parte l'inclinazione che in questo caso è pari a 25° per limitare l'impatto estetico.

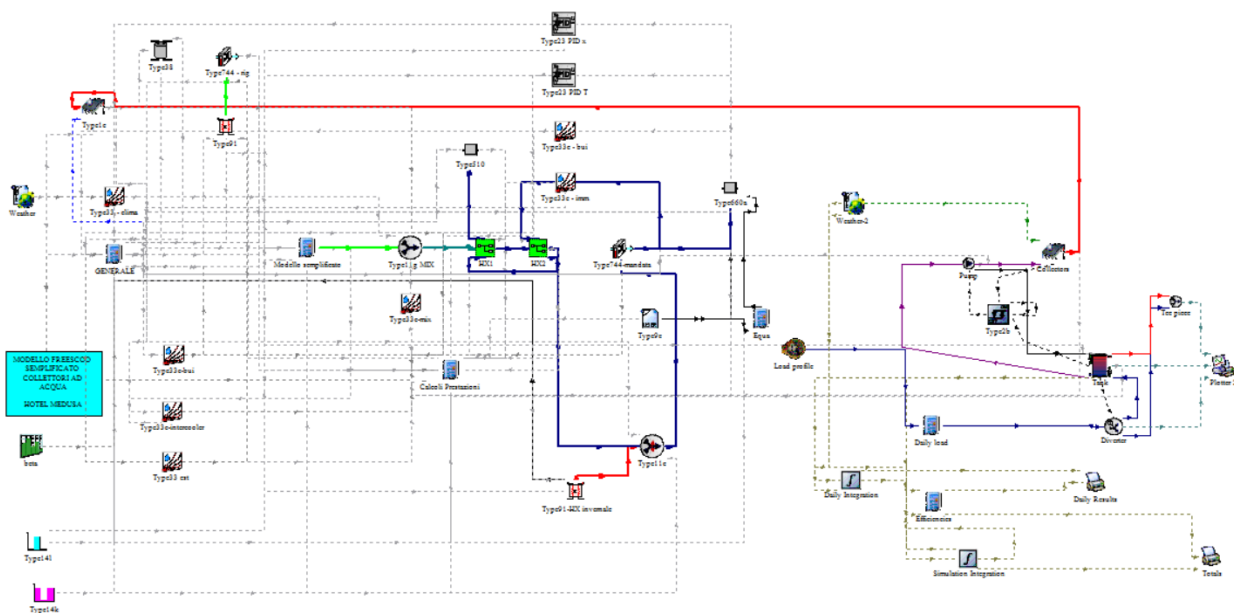


Figura 124: Modello TRNSYS utilizzato per la simulazione del caso studio Hotel Medusa

Funzionamento invernale

Dai risultati ottenuti per il funzionamento invernale del sistema si evince che in caso di buona disponibilità radiazione solare il sistema è in grado di dare un contributo importante al riscaldamento dell'edificio. Dalla Figura 125 e Figura 126 si può notare infatti che nella seconda metà del mese la temperatura dell'aria in immissione è sufficiente per poter riscaldare l'edificio e il carico residuo è pari a zero.

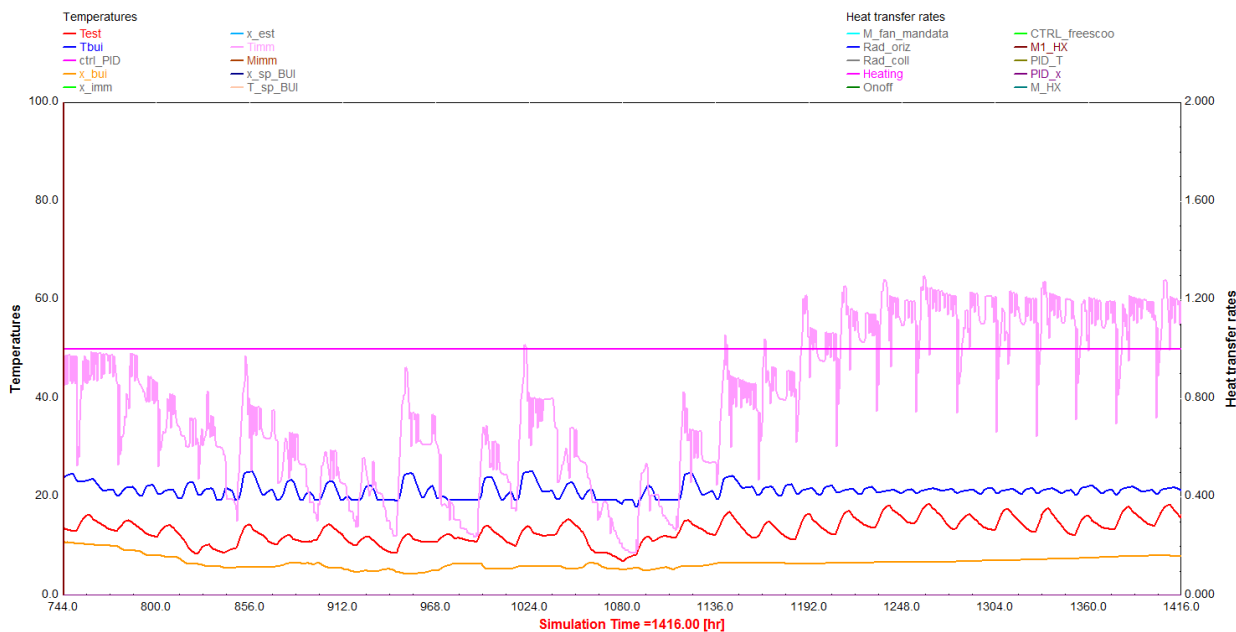


Figura 125: Andamento della temperatura di immissione (lilla) dell'Unità di Trattamento Aria DEC e della temperatura dell'aria nell'edificio (blu) durante il mese di Gennaio

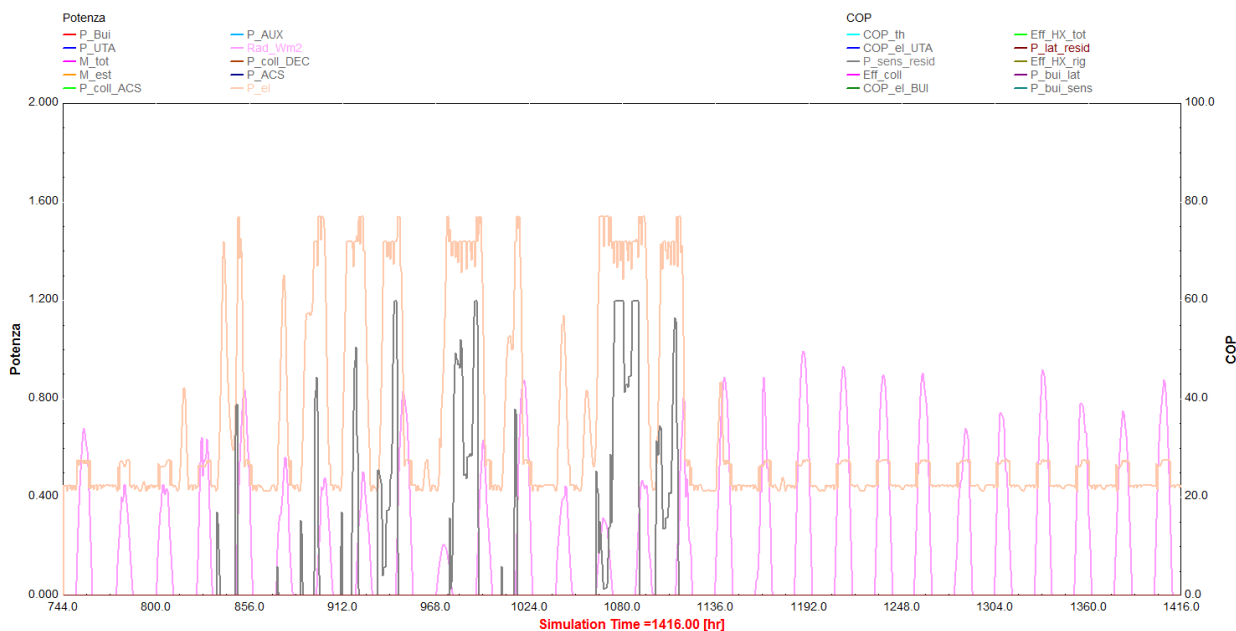


Figura 126: Andamento della radiazione solare (lilla), della potenza elettrica assorbita (rosa) e del carico termico residuo (grigio) per il mese di Gennaio

Funzionamento estivo

In regime estivo il sistema provvede al trattamento dell'aria per l'abbattimento dei carichi sensibili e latenti. Inoltre così come visto precedentemente il sistema provvede alla preparazione dell'acqua calda sanitaria. Si può vedere come in questo caso il sistema lavori mediamente a carico parziale più elevato.

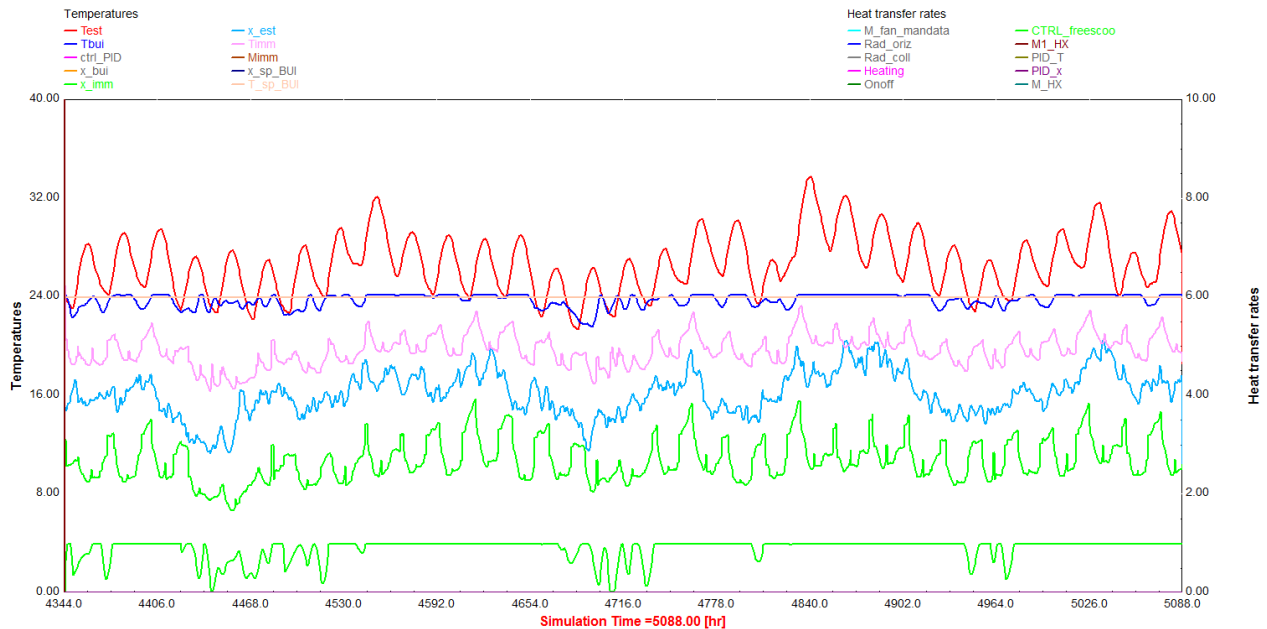


Figura 127: Andamento della temperatura dell'aria esterna (rosso), dell'edificio (blu), di immissione dell'aria (rosa) e dell'umidità assoluta di immissione (verde) per il mese di Luglio.

Infatti in questo caso si è scelto di dimensionare il sistema in modo da coprire buona parte del carico frigorifero senza però voler coprire i picchi in corrispondenza dei quali viene attivata la pompa di calore

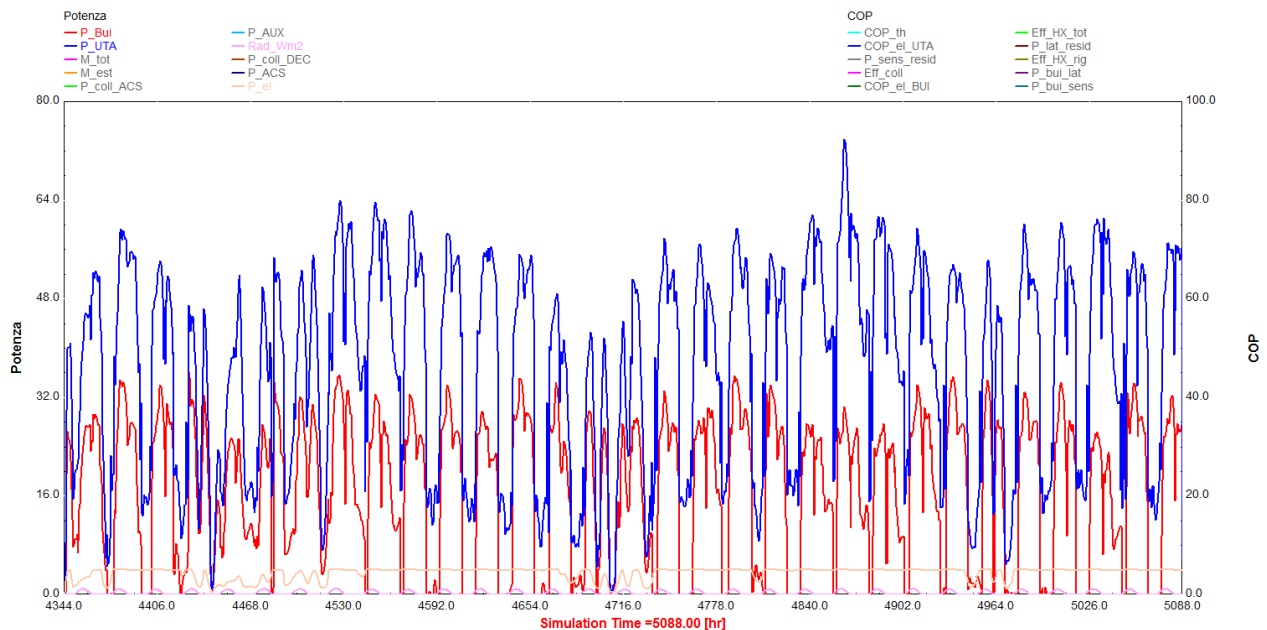


Figura 128: Andamento potenza frigorifera totale dovuta al trattamento dell'aria e di quella inviata in ambiente per il mese di Luglio

La potenza frigorifera legata al trattamento dell'aria raggiunge valori massimi attorno a 60 kW ai quali corrisponde una potenza di raffreddamento dell'ambiente di circa 30 kW.

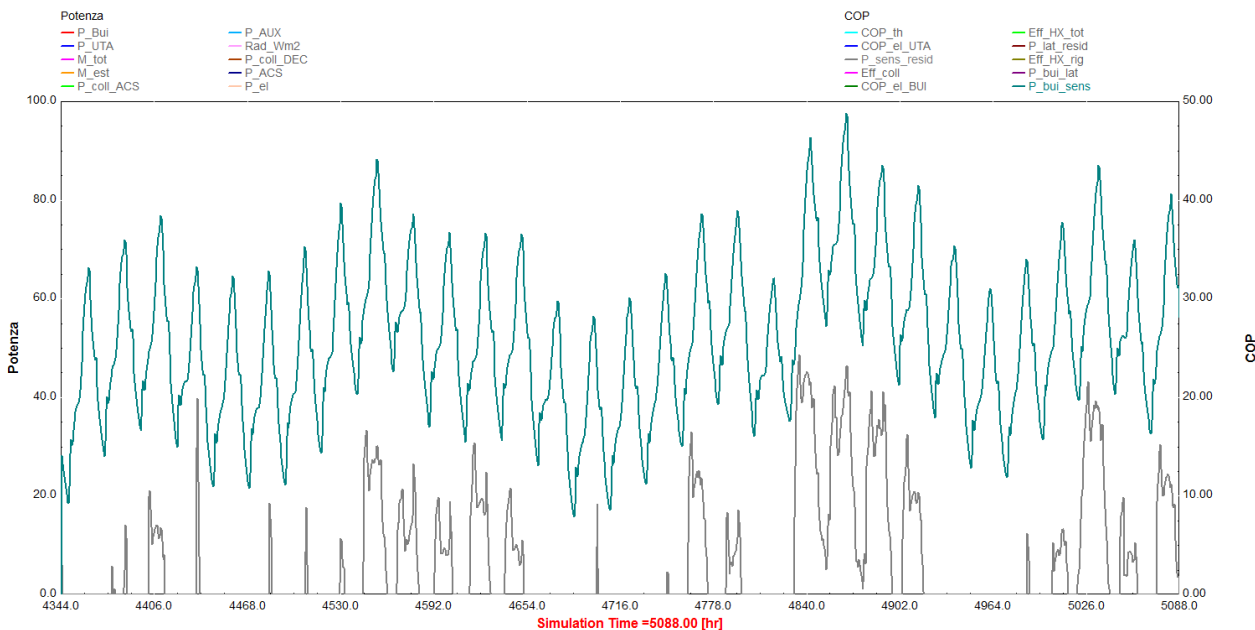


Figura 129: Andamento del carico sensibile dell'edificio e di quello residuo al netto della potenza frigorifera dell'UTA DEC per il mese di Luglio

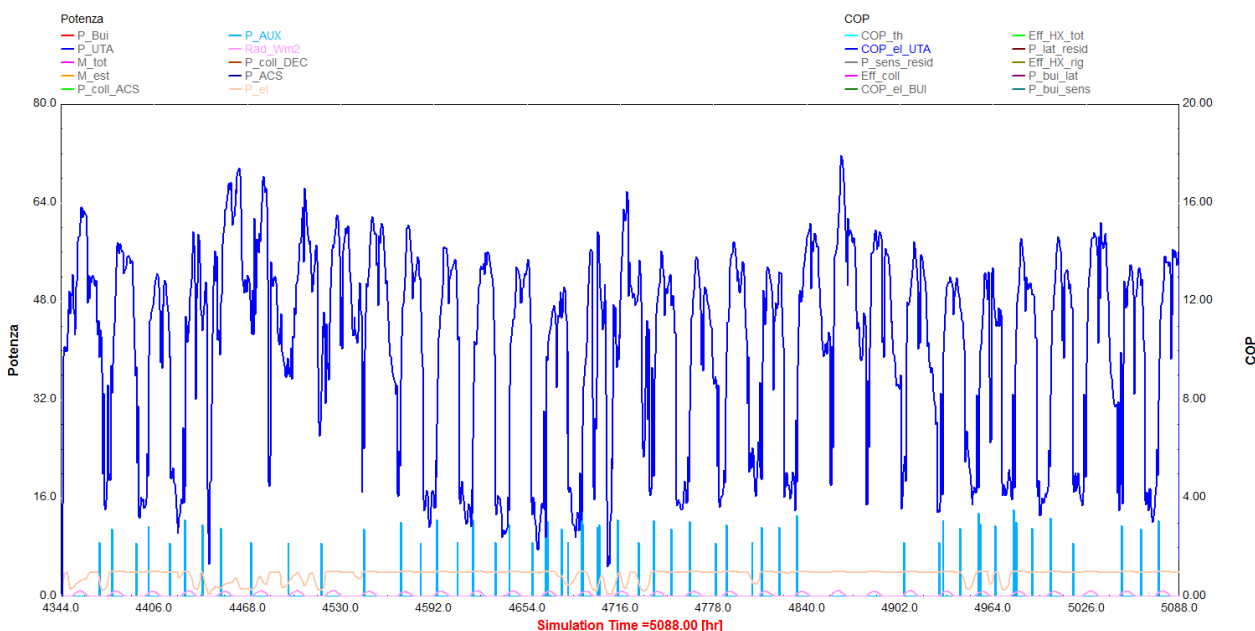


Figura 130: Andamento del COP elettrico e della potenza elettrica assorbita per il mese di Luglio

La potenza elettrica massima assorbita supera di poco i 4 kW nei momenti in cui il sistema fornisce la massima portata dell'aria mentre il COP elettrico globale oscilla nel range 12-14.

Di seguito si riportano invece i risultati che descrivono complessivamente le prestazioni energetiche dell'impianto. In particolare, in Figura 131 e Figura 132 sono riportate le efficienze e l'energia frigorifera per i quattro mesi estivi da Giugno a Settembre.

Su base annuale il sistema contribuisce per il 68% dell'energia frigorifera richiesta per la climatizzazione estiva, e circa per l'80% rispetto a quella richiesta nella stagione invernale.

Per quanto riguarda inoltre la produzione di ACS, il sistema riesce a fornire l'83% del calore richiesto per la produzione di ACS (frazione solare estiva 89% ed invernale 77%). Il risparmio complessivo rispetto alla soluzione attuale che utilizzava la pompa di calore è di circa 55%.

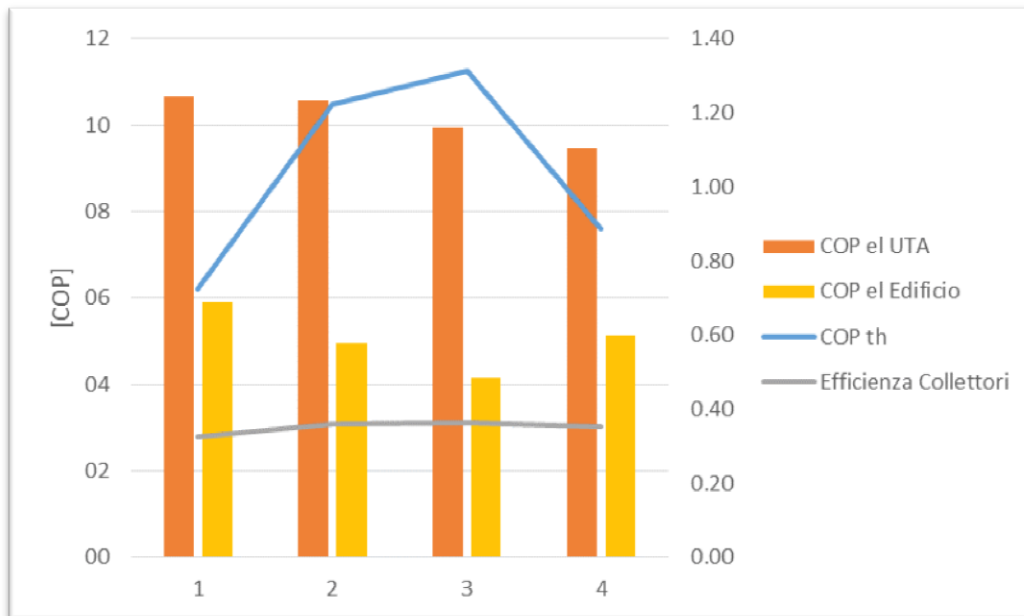


Figura 131: Efficienze medie stagionali e mensili per i mesi da Giugno a Settembre

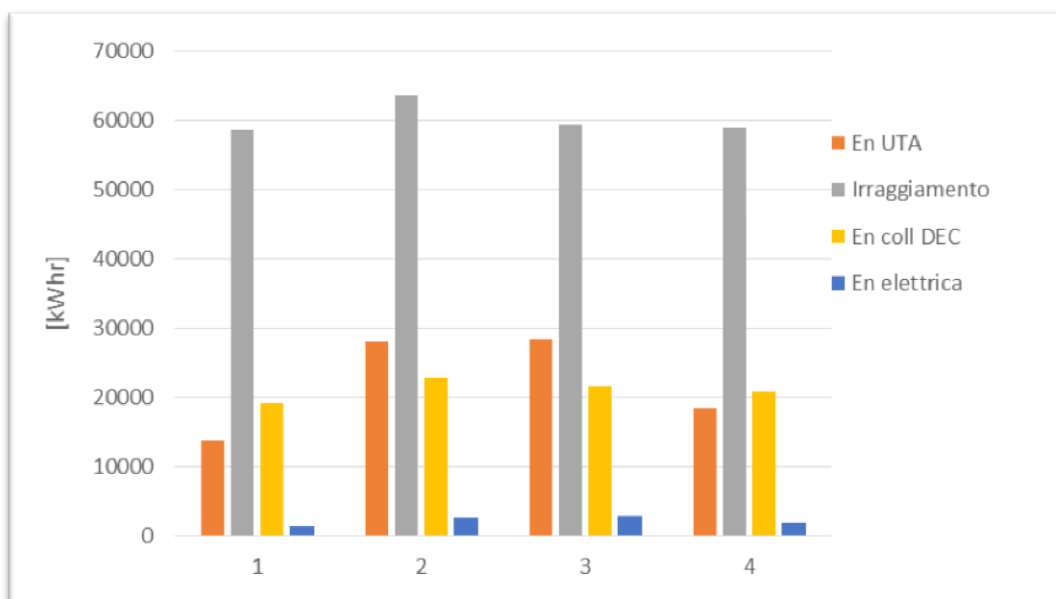


Figura 132: Energie su base stagionale per i mesi da Giugno a Settembre

Tabella 46 Prestazioni del sistema

Solare per ACS e UTA freesco (Aux PdC)	Estate	Inverno	
F sol ACS	89.18%	76.63%	
Aux ACS (PdC)	1060	1713	
Totale solare	123237	95510	kWh
Totale En UTA	88695	24892	kWh
Totale En edificio	42618	14017	kWh
COP el tot	11.1	14.1	
Tot carico sens	62270	15553	kWh
Tot carico lat	22849	1055	kWh
Residuo sens	8315	3065	kWh
Residuo lat	19324	0	kWh
Tot residuo	27639	3065	kWh
	32%	18%	
Bilancio consumi elettrici			
Consumo el UTA	8750	2161	kWh
Consumo PdC aux UTA	11607	1287	kWh
Consumo PdC ACS	445	719	kWh
Consumo el tot	20802	4168	kWh
Tot	24969		kWh
PdC ACS e climatizzazione (stato di fatto)			
Consumo el tot PdC attuale	35745	19130	kWh
Tot	54875		kWh
Risparmio complessivo			

7.4.4 Soluzione 3

Nel caso dell'Hotel Medusa si è proceduto a verificare le prestazioni di un sistema PV con potenza di picco pari a 30 kW_p. Tale impianto genera una quantità di energia elettrica (47409 kWh) di poco inferiore alla domanda annuale della sola pompa di calore (54874 kWh). La funzione dell'impianto dovrebbe essere quella di assistere la pompa di calore massimizzando l'autoconsumo, minimizzando il prelievo dalla rete e la cessione dell'energia in surplus. È da sottolineare la diversa natura del carico elettrico qui esaminato rispetto al caso residenziale. Ne deriva che gli obiettivi predetti siano particolarmente difficili da raggiungere in quanto il carico elettrico si presenta particolarmente variabile, sia su base mensile (con assorbimenti molto limitati nelle stagioni invernale, primaverile e autunnale e molto marcati nella stagione estiva) sia su base oraria/intraoraria. Infatti, pur essendo presenti degli accumuli termici (freddo/caldo e ACS) i cicli di accensione e spegnimento della macchina hanno durate anche dell'ordine dei 5-6 minuti. I risultati su base mensile di raffronto fra la produzione e il fabbisogno elettrico sono riportati in Figura 133.

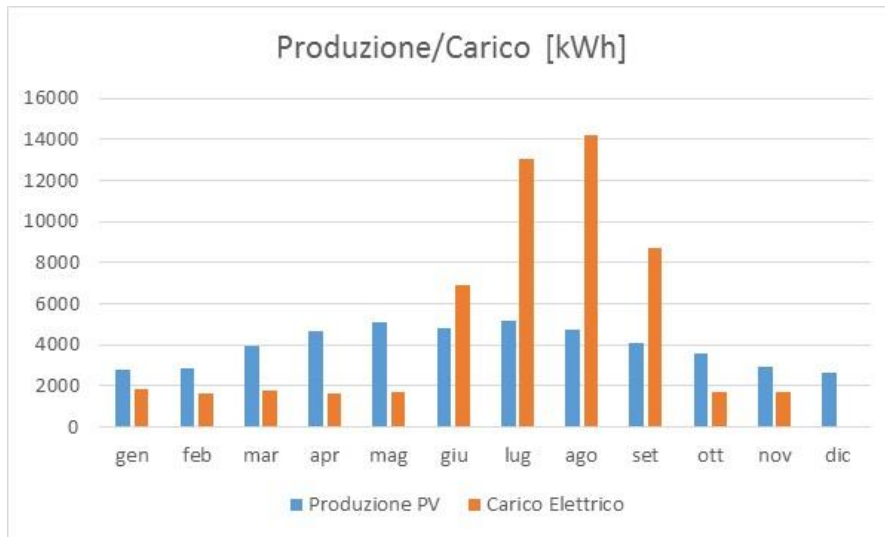


Figura 133. Riepilogo mensile della produzione elettrica dell'impianto e dei carichi richiesti dalla PdC.

Si è ipotizzato, infine, l'inserimento di un sistema di accumulo elettrico la cui capacità è stata oggetto di apposito studio parametrico e i cui risultati salienti al variare della capacità della batteria sono riportati dalla Figura 134 alla Figura 136.

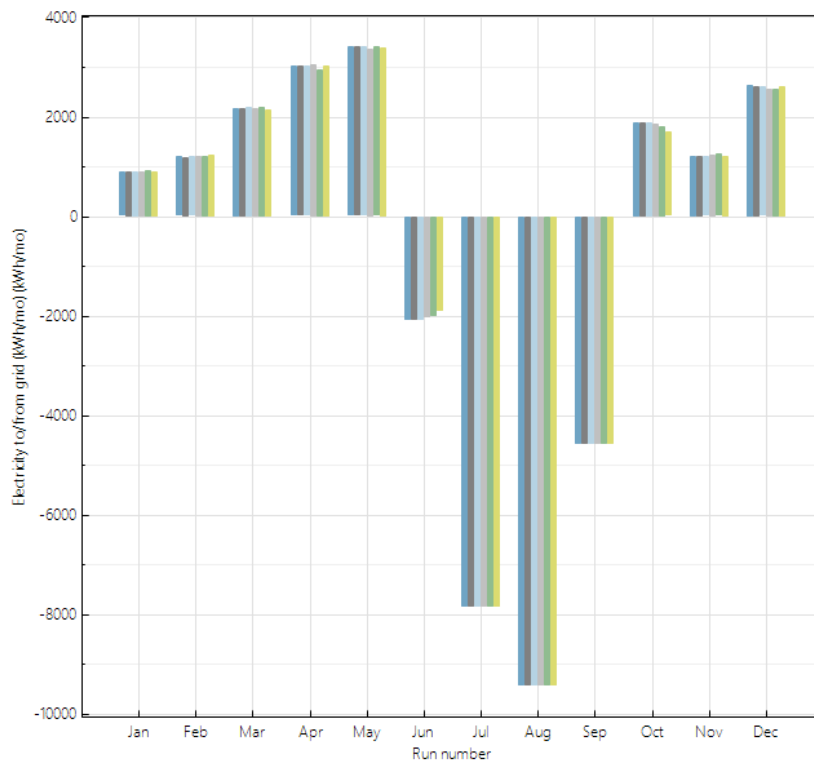


Figura 134. Riepilogo mensile degli scambi di elettricità con la rete (run 1 = 0 kWh, run 2= 30 kWh, run 3 = 50 kWh, run 4 = 100 kWh, run 5 = 150 kWh, run 6 = 300 kWh) .

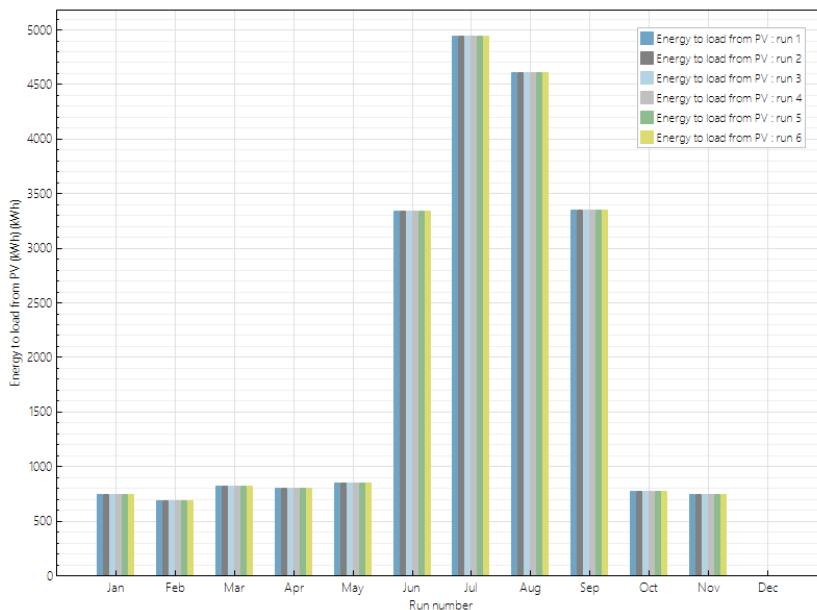


Figura 135. Riepilogo mensile dell'energia elettrica generata ed utilizzata dalla PdC (run 1 = 0 kWh, run 2= 30 kWh, run 3 = 50 kWh, run 4 = 100 kWh, run 5 = 150 kWh, run 6 = 300 kWh).

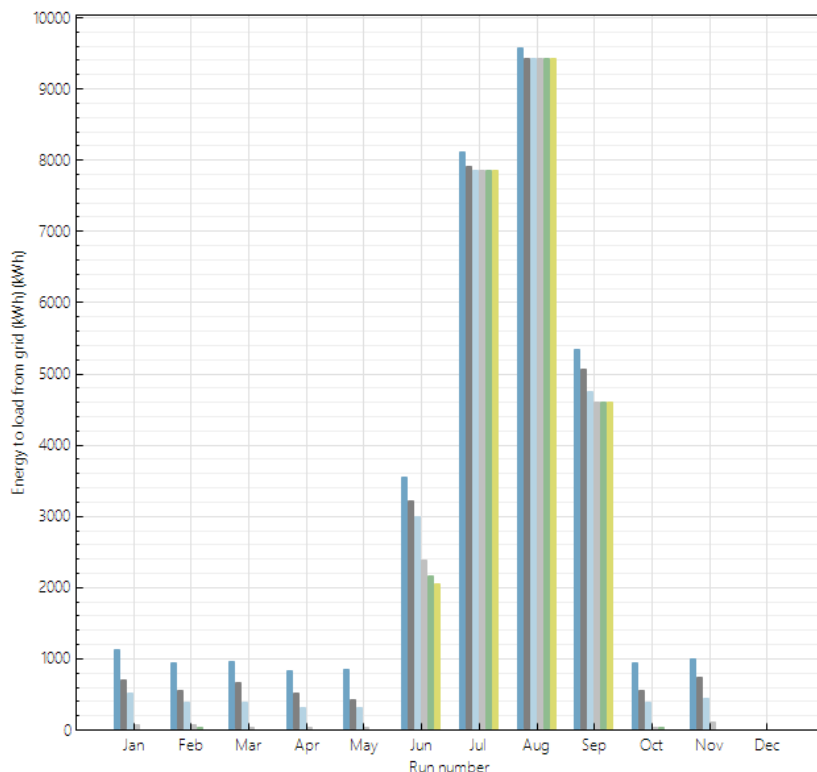


Figura 136. Riepilogo mensile dell'energia elettrica prelevata dalla rete e utilizzata dalla PdC (run 1 = 0 kWh, run 2= 30 kWh, run 3 = 50 kWh, run 4 = 100 kWh, run 5 = 150 kWh, run 6 = 300 kWh).

Come è intuibile la dimensione del pacco batterie non influenza la quantità di energia ceduta direttamente dall'impianto PV alla PdC, raggiungendo i picchi di energia autoconsumata nei mesi estivi. Tuttavia negli stessi mesi la taglia dell'impianto fotovoltaico non consente di coprire la domanda facendo registrare anche i valori massimi di prelievo dalla rete.

La quantità di energia prelevata dalla rete è visibile nel Tabella 47. All'aumentare della capacità della batteria vi è una riduzione di tale quantità, molto marcata nei mesi invernali e poco significativa nei mesi

estivi. Inoltre, le capacità del pacco batterie che garantiscono riduzioni significative nei mesi estivi sono dell'ordine di 100 kWh, valore che comporta oneri di installazione decisamente elevati. Capacità superiori, come è possibile evincere dalla tabella seguente, non comportano ulteriori vantaggi in tal senso.

Tabella 47 Sintesi dei risultati al variare della capacità della batteria di accumulo

Capacità batteria [kWh]	Energia prelevata dalla rete [kWh]	Scarto rispetto al fabbisogno annuale %
0	33219	61%
30	29783	54%
50	27801	51%
100	24658	45%
150	24166	44%
300	24009	44%

7.4.5 Soluzione 4 e 5

Durante la fase di calibrazione del modello si sono valutati i consumi di illuminazione in base alla tipologia degli apparecchi illuminanti installati, senza attivare un vero e proprio controllo sul livello di illuminamento interno. Nella fase di valutazione delle strategie di retrofit si è quindi proceduto sostituendo i seguenti input:

- potenza installata per l'illuminazione ipotizzando di sostituire le lampade presenti con apparecchi a Led (scenario LED);
- potenza installata per l'illuminazione nell'ipotesi di apparecchiature a Led con introduzione di un controllo di accensione regolato sul livello di illuminamento richiesto per ciascuna zona a seconda del compito visivo assolto (scenario LED+ctrl);
- sola introduzione di un controllo BAC sulle potenze richieste dagli elettrodomestici (scenario BAC).

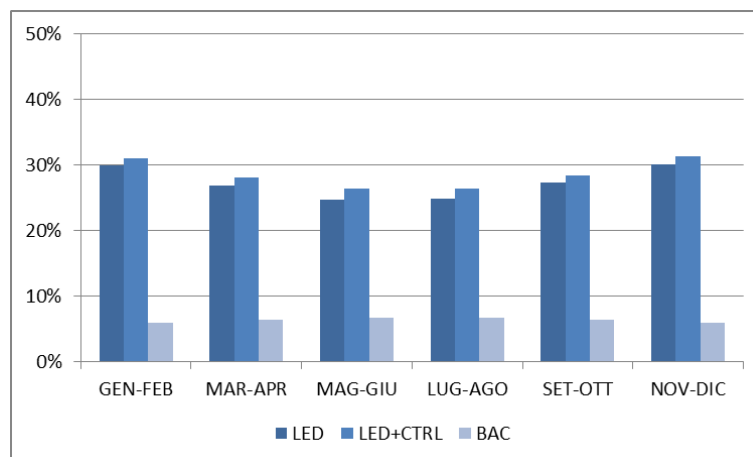


Figura 137. Risultati in termini di risparmio energetico per la soluzione 4 e 5.

In sintesi, si sono quindi stimati su base annuale:

- un risparmio rispetto al consumo per l'illuminazione attuale del 65% e del 68% rispettivamente per la mera sostituzione delle lampade e per la conseguente attivazione del controllo di illuminamento;
- un risparmio rispetto al totale dei consumi elettrici del contatore attuale pari a 27% e 29% con un picco di assorbimento elettrico ridotto da 18 a 12 kW e a 11 kW, rispettivamente per la mera sostituzione delle lampade e per la conseguente attivazione del controllo di illuminamento;
- un risparmio dell'ordine del 6% rispetto al consumo attuale nel caso di introduzione di controlli BAC sugli elettrodomestici con una riduzione del picco di assorbimento da 18 a 15 kW.

7.4.6 Impatti sul diagramma di carico dell'hotel

Per mostrare graficamente l'impatto che le soluzioni proposte hanno sull'assorbimento elettrico dell'hotel viene confrontato il diagramma di carico complessivo (somma degli assorbimenti per usi generali e per la pompa di calore) di un giorno tipo estivo con il diagramma di carico modificato per gli scenari:

- SC.1: integrazione del sistema di produzione di ACS con impianto solare termico, Figura 138;
- SC.2: installazione di sistema di trattamento aria DEC connesso a collettori solari piani e utilizzati anche per ACS, Figura 139;
- SC.3: installazione di un impianto FV da 30 kWp, Figura 140;
- SC.4: installazione di un impianto FV da 30 kWp con sistema di accumulo da 50 kWh, Figura 141;
- SC.5: sostituzione delle lampade attuali con lampade a LED, Figura 142;
- SC.6: sostituzione delle lampade attuali con lampade a LED con controllo dell'accensione/spegnimento in funzione della luce esterna, Figura 143;
- SC.7: sostituzione delle lampade attuali con lampade a LED con controllo dell'accensione/spegnimento in funzione della luce esterna e sistemi BAC per i controlli dei carichi flessibili, Figura 144.

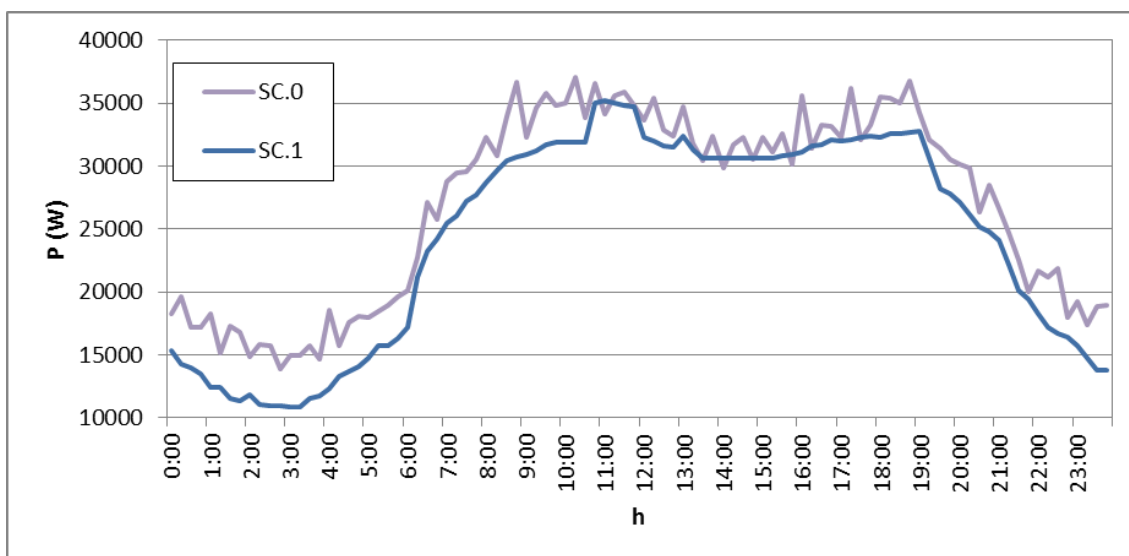


Figura 138. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.1.



Figura 139. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.2.

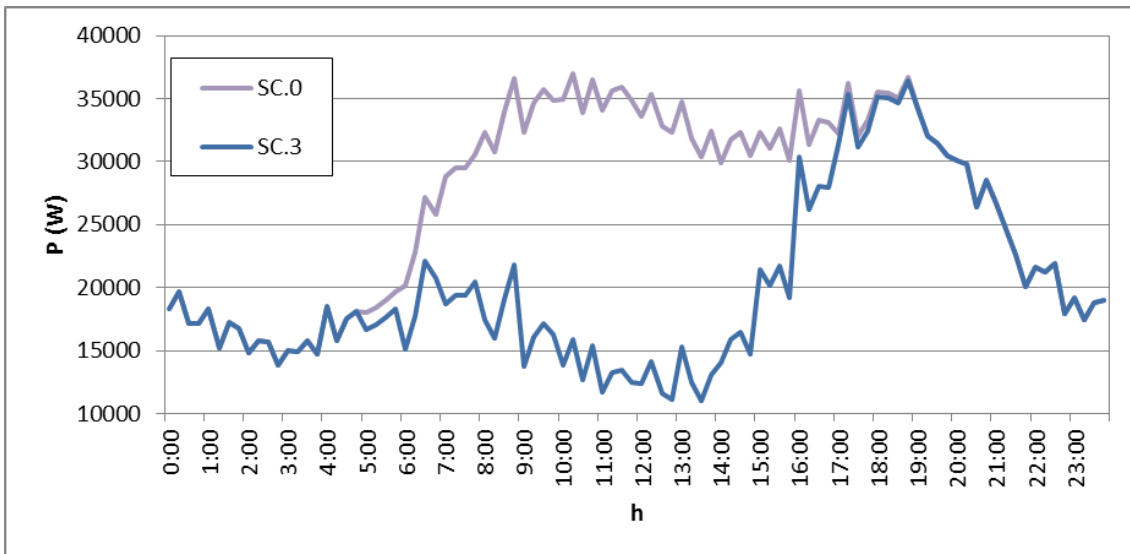


Figura 140. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.3.

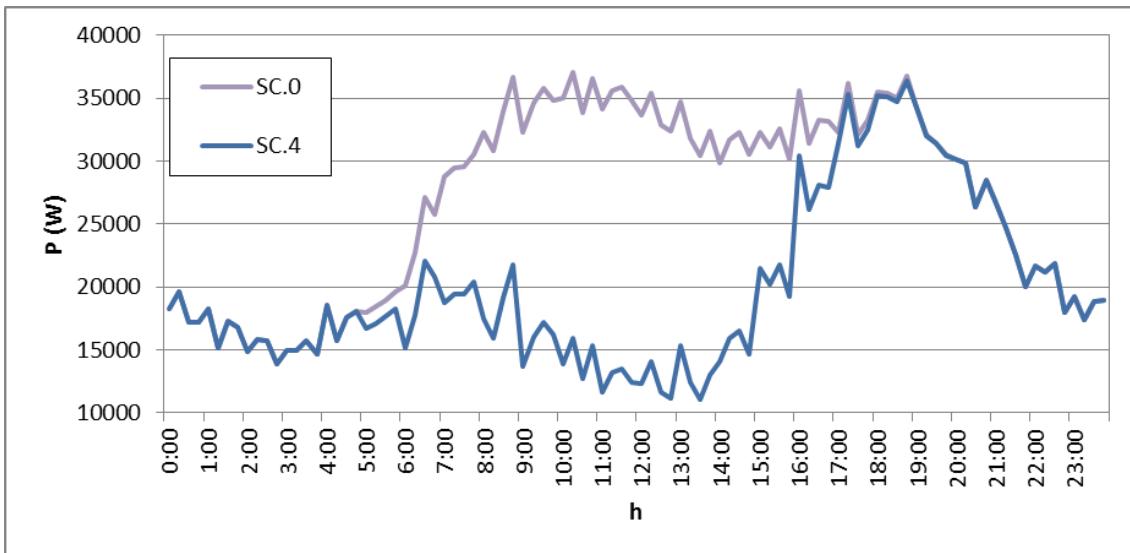


Figura 141. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.4.

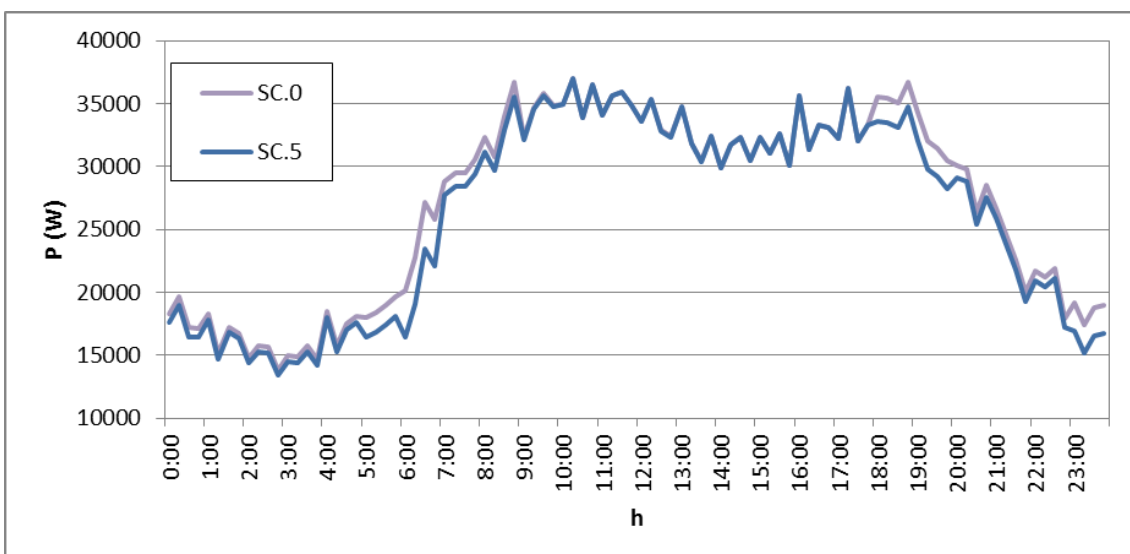


Figura 142. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.5.

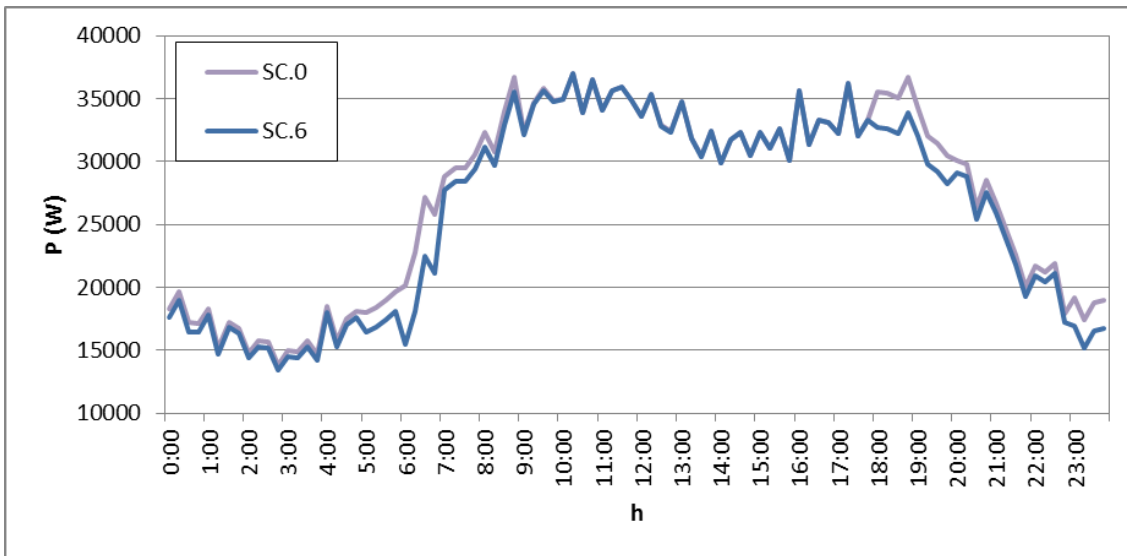


Figura 143. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.6.

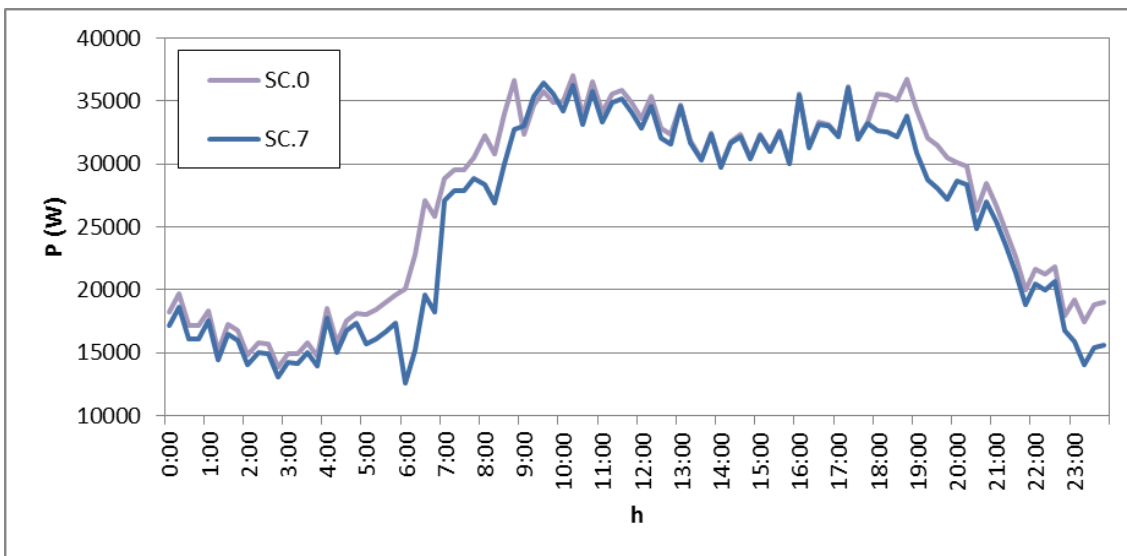


Figura 144. Confronto tra gli scenari SC.0 e SC.7.

Si sottolinea in particolare come l'utilizzo di collettori solari termici (SC.1) ha la potenzialità di ridurre la quantità di energia assorbita in media in un giorno tipo. Ciò comporta grandi benefici per la rete in termini di riduzione delle perdite in linea e di aumento dell'efficienza di distribuzione. Anche in questo caso, i risultati presentati sono parziali in quanto si riferiscono soltanto al comportamento medio estivo dell'abitazione.

8 Sistemi ICT per l'implementazione di logiche di efficientamento

8.1 Premessa

Il presente capitolo ha lo scopo di esaminare i sistemi ICT e di automazione e controllo degli edifici, al fine di individuare le soluzioni più adatte all'implementazione delle logiche di efficientamento delle utenze dell'isola di Lampedusa e delle politiche di DR.

Lo studio ha come premessa l'analisi del quadro normativo, necessaria per individuare i requisiti cogenti per tali sistemi e per tenere conto delle numerose novità introdotte nell'ultimo biennio dall'AEEGSI e dai comitati di standardizzazione tecnica nazionali ed internazionali, in particolare sugli *smart meter*.

Analizzato il quadro normativo ed individuate le linee di indirizzo per i sistemi ICT e di automazione e controllo dei carichi elettrici e termici, viene brevemente esaminato lo stato dell'arte dei sistemi per la trasmissione delle informazioni con lo scopo di mettere bene in evidenza i limiti e i vantaggi di ciascuna tecnologia e giustificare le scelte successive nella definizione dell'architettura più adatta del sistema ICT per l'implementazione di logiche di efficientamento nell'isola di Lampedusa.

Viene quindi proposto uno studio di fattibilità per tale sistema, che tiene conto dell'attuale struttura delle reti di distribuzione elettrica BT e MT dell'isola, delle peculiarità del territorio e dei limiti installativi di alcuni componenti. Infine, vengono presentati gli studi di fattibilità di sistemi ICT per le utenze rappresentative domestica e alberghiera individuate nei capitoli precedenti e vengono forniti i computi metrici estimativi (riportati in Appendice 2 al presente report) di diverse soluzioni tecnologiche per la successiva fase di acquisto ed installazione dei componenti nelle successive annualità del presente progetto di ricerca.

Per i computi metrici estimativi sono stati richiesti dei preventivi per la fornitura dei materiali alle principali aziende produttrici di dispositivi per le *smart grid* e, per quel che riguarda le opere elettriche o edili di supporto, è stato utilizzato il prezzo regionale siciliano [46]-[48].

8.2 Quadro normativo

Secondo la definizione data dall'European Smart Grid Task Force: "Le Smart Grid sono reti elettriche in grado di integrare efficacemente il comportamento e le azioni di tutti gli utenti connessi ad esse al fine di assicurare un sistema elettrico efficiente economicamente e sostenibile con basse perdite di energia e alta qualità e sicurezza della fornitura e sicurezza per le persone" [49].

Proprio l'integrazione tra le azioni dei diversi utenti del sistema necessita uno scambio di informazioni rapido ed efficace tra tutti gli attori coinvolti e dei nodi chiave delle reti di distribuzione BT e MT, anche in presenza di distanze significative.

Lo scambio di informazioni attraverso sistemi ICT nelle reti elettriche di potenza interessa diverse aree:

- Controllo dei carichi;
- Controllo dei generatori;
- Gestione dei sistemi di accumulo elettrico;
- Fornitura di servizi ancillari;
- Monitoraggio di parametri di rete;
- Protezione delle reti e ricerca dei guasti (servizi di diagnostica);
- Misura;
- Trasmissione ed elaborazione di segnali.

Negli ultimi anni ICT, *smart metering* ed automazione sono stati oggetto di numerose direttive europee e di norme tecniche nazionali ed internazionali, in particolare con riferimento all'uso di tali sistemi negli edifici. La Direttiva 2009/72/CE [50], riguardante regole comuni sul mercato interno dell'elettricità richiede agli stati membri dell'Unione Europea di sostituire almeno l'80% dei misuratori di energia elettrica tradizionali con *smart meters* entro il 2020, nel caso di un risultato positivo dell'analisi costi-benefici e di implementare sistemi di misura intelligenti.

Analogamente la Direttiva 2009/73/CE [51] raccomanda che gli stessi stati introducano sistemi di misura intelligenti o reti intelligenti per il sistema di distribuzione del gas naturale che favoriscano la partecipazione attiva degli utenti al mercato del gas.

Anche la direttiva sull'efficienza energetica degli edifici 2010/31/UE [52] specifica che gli stati membri dell'Unione devono incoraggiare l'introduzione di sistemi di controllo attivo della domanda e di misuratori intelligenti negli edifici di nuova edificazione o quando un edificio viene sottoposto ad una ristrutturazione importante.

La direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica [53] supporta l'implementazione di nuovi servizi energetici, servizi di Demand Response (DR) e prezzi dinamici, basati sull'elaborazione dei dati raccolti attraverso sistemi di misura intelligenti.

Gli *smart meters* da utilizzare nei paesi dell'UE devono soddisfare i requisiti della direttiva sugli strumenti di misura 2004/22/CE [54] e la Raccomandazione 2012/148/UE [55] specifica le funzionalità essenziali che i sistemi di misura intelligente devono fornire ai consumatori.

Recentemente in Italia l'AEEGSI, tenendo conto della suddetta raccomandazione, ha dato via ad un processo di definizione delle funzionalità che devono essere assicurate dai contatori di energia elettrica di nuova generazione per i sistemi di bassa tensione.

Il Decreto legislativo 102/2014 [56] prevede che l'AEEGSI tenga conto dello standard internazionale IEC 62056 per le misure elettriche [57].

Con la Deliberazione 412/2014/R/efr [58], l'AEEGSI ha pubblicato il documento per la consultazione 416/2015/R/eel [59], che presenta gli orientamenti in tema di requisiti funzionali minimi a cui i misuratori 2G e i sistemi di smart metering 2G dovranno essere conformi a livello nazionale.

Nel documento di consultazione 416/2015/R/eel, l'Autorità ha indicato dieci funzionalità di alto livello per i misuratori elencati in Tabella 48.

Tabella 48. Funzionalità di alto livello definite nel documento 416/2015/R/eel

N	Funzionalità
1	registrazione di grandezze continue (energia, potenza, tensione)
2	registrazione di eventi (qualità del servizio, eventi contrattuali)
3	acquisizione periodica delle grandezze registrate
4	telegestione e controllo del limitatore di potenza
5	configurabilità di alcuni parametri da parte dei venditori e parti designate
6	visualizzazione sul display locale
7	trasmissione dati al sistema di telegestione dell'impresa distributrice
8	messa a disposizione dei dati al consumatore o parti designate;
9	gestione di allarmi
10	elevata raggiungibilità e riprogrammabilità dei misuratori da remoto

Con la Deliberazione 87/2016/R/eel [60] l'AEEGSI definisce le specifiche funzionali abilitanti i misuratori intelligenti in bassa tensione e i requisiti di performance dei relativi sistemi di smart metering di seconda generazione 2G per i misuratori elettrici.

Attualmente sono in corso le sperimentazioni di telegestione multiservizio avviate dall'AEEGSI a seguito della Deliberazione 393/2013/R/gas [61] e basate sulla condivisione di una infrastruttura di comunicazione basata sulla tecnologia di comunicazione RF 169, con il protocollo di comunicazione specifico dalla norma tecnica UNI/TS 11291 riguardante i sistemi di misurazione del gas [62].

Per quanto riguarda gli standard tecnici, a parte le già citate IEC 62056 e UNI/TS 11291, nell'ambito dell'ICT e delle logiche per l'efficientamento energetico vengono inquadrate diverse norme nazionali ed internazionali.

Nel 2006 è stata pubblicata la norma CEI 205-10 con lo scopo di fornire una serie di informazioni a chi progetta, installa o si occupa della manutenzione di una smart house [63]. La norma fornisce indicazioni sull'architettura della smart house, sui mezzi di comunicazione utilizzati, sui servizi implementabili, sulla terminologia da utilizzare, etc.

Una delle norme più discusse è lo standard europeo EN 15232 [19] che definisce terminologia, regole e metodologie per stimare l'impatto dei sistemi BAC (Building Automation and Control) e TBM (Technical Building Management) sulla prestazione energetica e l'uso dell'energia elettrica e termica negli edifici residenziali e non.

Il citato standard ha dato vita in Italia ad una guida applicativa, la Guida CEI 205-18 [64] che fornisce schemi a blocchi per la realizzazione e l'installazione di sistemi BAC e TBM negli edifici.

La norma CEI 64-8 ha successivamente introdotto tre livelli prestazionali per gli impianti elettrici nelle abitazioni tra i quali il terzo comprende la presenza di sistemi BAC insieme agli impianti elettrici tradizionali [65]. In ambito internazionale il comitato IEC 77 [66] si occupa delle problematiche delle comunicazioni su PLC e di compatibilità elettromagnetica. Sulle comunicazioni tramite sistemi PLC si fa riferimento alle norme del comitato tecnico CT 13 del CEI mentre sul tema dei disturbi elettromagnetici sta lavorando anche il comitato CT 316 del CEI.

8.3 Stato dell'arte sistemi ICT

Un'analisi approfondita dello stato dell'arte sui sistemi ICT esula dagli scopi del presente lavoro. Inoltre è possibile reperire con facilità tali dati in letteratura.

Tuttavia, al fine di giustificare le scelte progettuali descritte nei successivi paragrafi si riportano sinteticamente limiti e vantaggi di ciascuna tecnologia utilizzata nella trasmissione delle informazioni.

La Tabella 49 riporta una sintesi delle bande di frequenza e dei limiti di ciascuna tecnologia per le telecomunicazioni.

Tabella 49. Bande di frequenza e limitazioni di vari sistemi di telecomunicazioni.

Tecnologia	Banda di frequenza [GHz]	Limitazioni
3G	1,9-2,2	Elevati costi di banda
GPRS	0,9-1,8	Capacità di trasmissione dati ridotta
GSM	0,9-1,8	Capacità di trasmissione dati ridotta
PLC	0,001-0,03	Sensibilità ai disturbi
WiFi	2,5; 5	Necessità di ripetitori
WiMax	2,5; 3,5; 5,8	Non molto diffuso
Fibra ottica	-	Costi elevati per la realizzazione dei cavidotti

8.4 Studio di fattibilità di un'infrastruttura ICT dell'isola

In letteratura si riscontrano sempre più studi che dimostrano come l'ICT possa favorire il cambiamento ed aumentare la vivibilità degli ambienti urbani [67].

Prendendo in considerazione i diversi obiettivi perseguibili in una smart grid, un sistema di controllo efficiente per l'isola di Lampedusa dovrebbe comprendere:

- un sistema di comunicazione in grado di connettere in modo affidabile ogni punto dell'isola;
- componenti di rete e dispositivi in grado di acquisire e scambiare dati;
- interfacce utente dove necessario;
- DSS (Decision Support Systems);
- smart meter installati presso ogni nodo controllato o monitorato;
- sensori per monitorare dati specifici e rilevanti al fine del funzionamento o dell'efficientamento del sistema (correnti, tensioni, flussi di potenza, fattori di potenza, etc.).

Uno dei punti più complessi nella progettazione di un sistema di comunicazione, monitoraggio e controllo in un'isola come Lampedusa (o in generale in una microrete isolata) è la gestione di un numero molto elevato di dispositivi che possono essere migliaia.

Per questo motivo il sistema dovrebbe includere processori con enormi spazi di archiviazione e potenza computazionale in modo da risolvere qualsiasi problema di gestione della rete in tempo reale. Al fine di ottimizzare il progetto del sistema, è necessario selezionare, tra tutti i parametri monitorati e tra tutte le misure eseguite, quelle da analizzare ed elaborare al fine del conseguimento dei diversi obiettivi. Una strada per fare quanto sopra è suddividere il sistema di telecomunicazione, monitoraggio e telecontrollo in tre diversi livelli (Figura 145).

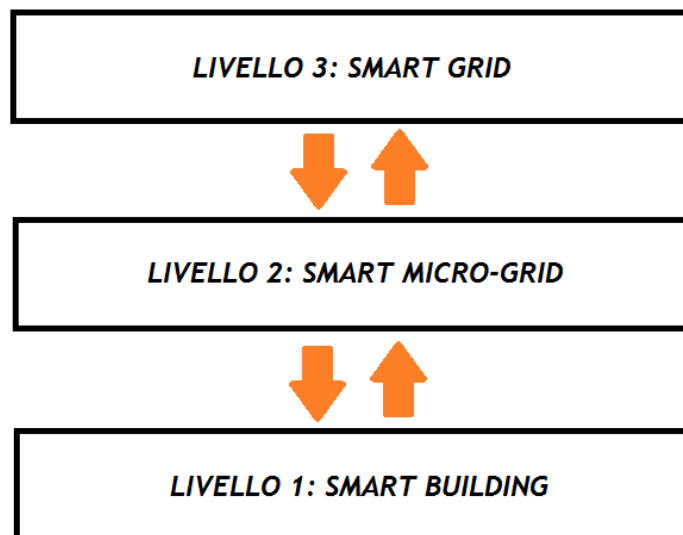


Figura 145. Livelli (Layer) del sistema di telecomunicazione, monitoraggio e telecontrollo della smart grid di Lampedusa.

In una rete con due soli livelli di tensione (MT e BT) come quella dell'isola di Lampedusa, configurabile come una smart grid isolata, la struttura più adatta per il sistema di telecomunicazione, monitoraggio e controllo ha caratteristiche gerarchiche con tre diversi livelli:

- Livello 1: Smart Building;
- Livello 2: Smart Micro-Grid;
- Livello 3: Smart Grid.

La Figura 145 mostra come il flusso di informazioni rispecchi una precisa gerarchia nel sistema: in un sistema così configurato, i nodi del livello 1 non possono comunicare direttamente con quelli del livello 3 e viceversa. Il livello intermedio (livello 2) colleziona tutte le informazioni provenienti dal livello 1 e invia al livello 3 soltanto i dati necessari, riducendo in questo modo il flusso delle comunicazioni.

Il livello 1 è relativo al singolo edificio, sia di tipo residenziale che commercial/industriale.

Tale livello è caratterizzato dalla presenza di un controllore locale o Building Management System (BMS), uno o più smart meter installati nel quadro generale e negli eventuali sottoquadri, sensori di vario genere (di corrente, di radiazione solare, di temperatura, di illuminamento), prese controllate, dimmer, interruttori comandati e da un sistema di comunicazione locale che non si estende oltre l'edificio.

Il sistema di comunicazione utilizzato tra i dispositivi dell'edificio può essere cablato o del tipo wireless.

Nel primo caso può essere utilizzata una porta Ethernet per collegare il BMS tramite cavo ad un router ed inviare i dati verso l'esterno sul WEB, e dei doppini o dei cavi twistati a quattro coppie del tipo UTP per connettere i dispositivi e i sensori all'interno degli edifici.

In questo caso, solitamente si adoperano soluzioni di cablaggio strutturato con rack e cavi UTP negli edifici adibiti ad albergo, uffici o strutture industriali e doppino schermato in edifici residenziali o piccoli edifici adibiti a commercio. La Figura 146 rappresenta un possibile schema di collegamento tra il BMS con touchscreen-interfaccia utente e degli attuatori per il distacco dei carichi comandabili.

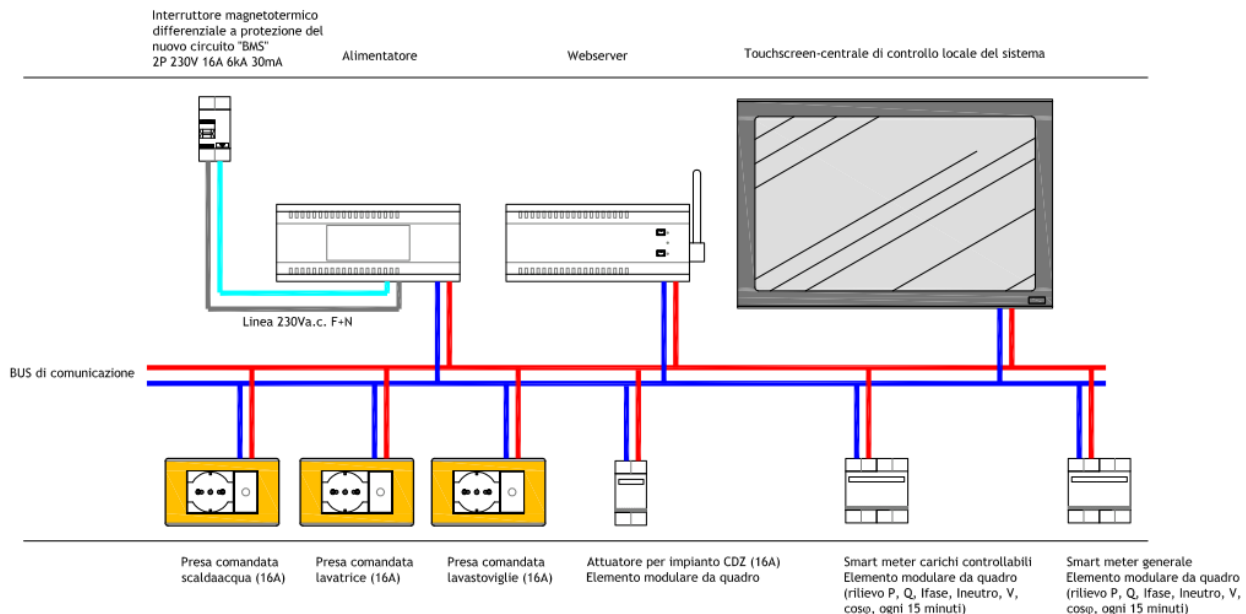


Figura 146. Schema a blocchi del sistema di automazione e smart metering di un'abitazione standard.

Nel caso di comunicazione wireless, alcuni sistemi prevedono la possibilità che il BMS possa utilizzare la stessa LAN Wi-Fi dell'edificio (possibilità in realtà abbastanza rara) per trasmettere e ricevere segnali da sensori e dispositivi di comando o attuatori o, più comunemente, sistemi basati su protocolli ZigBee o Z-Wave.

ZigBee è un protocollo molto flessibile largamente utilizzato nella home automation, per applicazioni di sicurezza (antintrusione, TV-CC) e nelle smart grid. È un protocollo wireless aperto basato sullo standard IEEE 802.15.4 PAN (Personal Area Network) radio [68]. Normalmente il ZigBee opera alla frequenza di 2.4GHz e il suo raggio di azione è circa 10 m.

Il protocollo Z-Wave è una tecnologia interoperabile, basata sulla comunicazione in radiofrequenza, progettata specificatamente per le applicazioni di controllo e monitoraggio in ambiente residenziale e commerciale.

Z-Wave opera normalmente a 900MHz e il suo raggio di azione è di circa 30m.

La International Telecommunications Union (ITU) ha incluso la Z-Wave come opzione nello standard internazionale G.9959, rivolto a fornire linee guida per dispositivi wireless operanti a una frequenza inferiore a 1 GHz [69].

I sistemi wireless hanno il potenziale per diventare i più diffusi nelle applicazioni dentro gli edifici grazie al processo di installazione non invasivo, che consente di eliminare la necessità di installare nuovi cavi e tubazioni per connettere i sensori e i dispositivi.

Solitamente i componenti possono essere installati nelle classiche scatole 503 in cassata o da parete, e possono essere anche facilmente rimossi e reinstallati in posizione differenti se cambiano i bisogni legati al monitoraggio e al controllo all'interno dell'edificio [70].

Il livello 1 può includere anche specifici sistemi EMS (Energy Management Systems) facenti parte di piccole unità di generazione distribuita (prevalentemente impianti fotovoltaici o sistemi microeolici) o di sistemi di gestione dell'accumulo elettrico.

Il livello 2 è relativo al sistema elettrico di distribuzione pubblica in BT tra le cabine di distribuzione MT/BT e tutti gli edifici serviti.

In ogni cabina viene installato un dispositivo che funge da Data Concentrator (DC) che scambia informazioni e segnali di comando con i BMS e con la centrale di generazione dell'isola.

Nell'identificazione dei nodi in cui installare i DC, bisogna tenere conto della delicatezza di tali apparati e degli spazi richiesti per la gestione e la manutenzione. Per tale motivo è preferibile installare i DC soltanto nelle cabine prefabbricate o in muratura mentre i posti di trasformazione da palo (PTP) dell'isola non risultano appropriati alla loro installazione.

Pertanto, a meno di non realizzare presso gli stessi PTP dei box prefabbricati per accogliere i DC (soluzione inutilmente costosa) si deve rinunciare al monitoraggio dei nodi di rete e delle utenze a valle dei PTP dell'isola.

È pur vero che tale rinuncia comporta soltanto la perdita di poche informazioni in quanto la presenza di un PTP è associata ad una bassa densità di carico elettrico e quindi ad una bassa concentrazione di utenze nell'area servita.

Al fine di consentire l'implementazione di azioni di DR e la fornitura di servizi ancillari da parte dei sistemi deputati, ogni BMS invia al DC all'interno della cabina che lo alimenta, i suoi profili di carico giornalieri flessibile (FLEX) e non flessibile (NOFLEX).

I dati provenienti da cluster di utenti omogenei (abitazioni, alberghi, ristoranti, etc.) vengono raccolti e memorizzati dal DC con lo scopo di creare un database di carichi aggregati (FLEX, NOFLEX e TOTAL).

Le cabine e gli edifici serviti costituiscono una Neighborhood Area Network (NAN) la cui infrastruttura di comunicazione può essere realizzata adottando diverse soluzioni [71]:

- Power Line Communication (PLC);
- Fibra ottica;
- sistema Wi-Fi;
- sistema WiMAX;
- rete mobile 3G, LTE o GPRS.

Le ultime tre tecnologie in particolare offrono la possibilità di usare le reti esistenti con una riduzione consistente dei costi di sviluppo e installazione.

Il livello 3 è relativo al sistema MT tra la centrale di generazione e le cabine MT/BT. La connessione tra ciascun DC e il controllore centrale MC (Main Controller) installato all'interno della centrale di generazione può essere realizzato utilizzando cavi in fibra ottica.

Il MC riceve dai DC solo informazioni relative ai carichi aggregate a, pertanto, deve elaborare una mole di dati relativamente modesta. Nel caso specifico dell'isola di Lampedusa, aventi quasi 4000 utenti e 39 cabine in muratura/prefabbricate, ogni DC deve raccogliere i dati provenienti da una media di 100 BMS e il MC deve elaborare quelli di quasi 40 DC.

La Figura 147 mostra una rappresentazione del sistema di telecomunicazione e controllo progettato per la rete di Lampedusa.

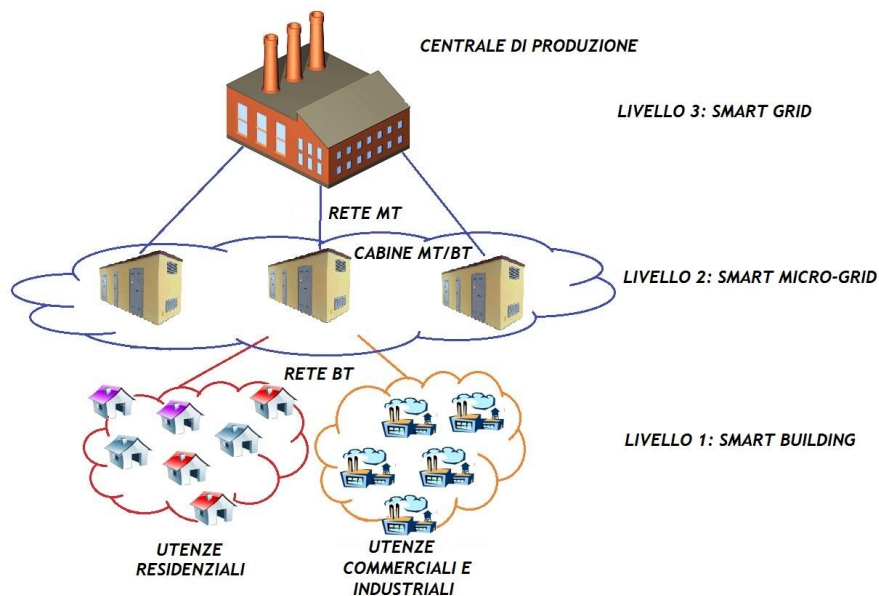


Figura 147. Struttura del sistema di telecomunicazione, monitoraggio e telecontrollo della smart grid di Lampedusa.

8.5 Studio di fattibilità di sistemi ICT per le utenze rappresentative

8.5.1 Utenza 1 – Edificio residenziale

La trasformazione di un'abitazione tradizionale in una smart house necessita dell'installazione di sensori, component e dispositive in grado di: ricevere e trasmettere segnali di comando e dati, controllare carichi specifici (non necessariamente tutti i carichi dell'abitazione).

È stato preso a riferimento l'appartamento tipo esaminato nei capitoli precedenti. Tale appartamento non presenta attualmente alcun sistema di automazione. Lo studio di fattibilità ha interessato l'esame di diverse soluzioni. In tutte le soluzioni esaminate l'efficientamento energetico verrà realizzato agendo sull'impianto di condizionamento dell'abitazione, sullo scaldacqua elettrico e sul controllo dei corpi illuminanti (ovviamente la sostituzione delle lampade fluorescenti esistenti con nuove lampade a LED migliora la prestazione del sistema, come mostrato nel capitolo 7).

I primi due carichi rappresentano quelli che, tra i flessibili, determinano il maggior consumo di energia, anche a causa di un utilizzo spesso poco corretto. L'introduzione di un sistema di automazione e controllo che ne consenta ad esempio lo spegnimento in assenza di occupanti, può determinare risparmi energetici significativi che, come mostrato in [37] e [41], sono tanto più elevati quando più bassa è la classe energetica dell'edificio (nel caso specifico, la classe energetica dell'edificio in assenza di automazione è pari a G).

Il controllo sull'impianto di illuminazione sarà asservito a sensori di presenza e di luminosità ma, dato che i corpi illuminanti non sono dei carichi flessibili, non sarà possibile un controllo dell'impianto da parte del DSO al fine di implementare politiche di DR.

Inoltre, attraverso il controllo della lavastoviglie e della lavatrice, l'abitazione potrà partecipare a programmi di DR e di aggregazione del carico per fornire servizi di rete, ottenendo così dei vantaggi economici legati ad accordi con il DSO.

Infine, grazie alla possibilità di controllo dei carichi da parte del DSO, l'abitazione potrà contribuire all'efficientamento dell'intero sistema di distribuzione e produzione di energia dell'isola.

Soluzione 1

La soluzione 1 prevede l'installazione di un display touch screen per il controllo del sistema, due attuatori/interruttori multiuscita (4 uscite) per controllo carichi flessibili e impianto di illuminazione, un webserver per la trasmissione e la ricezione dati, due smart meter per la misura del carico totale e di quello controllabile e due alimentatori. Per la realizzazione della soluzione 1 sono necessari due distinti alimentatori: il primo fornirà energia ai dispositivi KNX, il secondo alimenterà il touchscreen e il webserver. Lo schema a blocchi del sistema è rappresentato in Figura 148.

Tutti i componenti scelti vanno installati in un apposito centralino da parete o da incasso e alimentati dal quadro generale dell'abitazione. Il centralino contenente i suddetti componenti costituisce il quadro automazione dell'abitazione.

L'implementazione della soluzione 1 implica la realizzazione di due linee di collegamento tra il quadro generale e il quadro automazione. La prima linea è quella che alimenta i componenti del quadro automazione, la seconda linea è quella che alimenta i carichi da comandare. A partire dall'attuatore/interruttore a 4 uscite dovranno essere realizzate delle linee elettriche di alimentazione per i carichi comandati. Tali linee potranno essere posate fino agli utilizzatori o fino a una cassetta di derivazione da cui sia possibile intercettare le linee esistenti.

Inoltre dovranno essere realizzate le linee per l'invio dei segnali di accensione/spegnimento dei corpi illuminanti in funzione della luminosità all'interno degli ambienti o della presenza di persone.

La soluzione 1 riduce al minimo la linea BUS di collegamento tra i dispositivi per l'automazione dato che questi si trovano tutti all'interno dello stesso quadro elettrico. Di contro la realizzazione delle nuove linee elettriche fino ai carichi da controllare è un'operazione molto invasiva in un'abitazione esistente che può risultare molto onerosa. Di seguito il dettaglio dei componenti che costituiscono il sistema.

Il computo metrico estimativo per la fornitura e l'installazione dei componenti su elencati, del relativo quadro elettrico e di tutti i collegamenti con il quadro dell'abitazione e con i carichi comandati è riportato in allegato al presente rapporto tecnico. Il costo di tale soluzione è circa 6200€ di cui il 45% determinato dal webserver e dal display touchscreen.

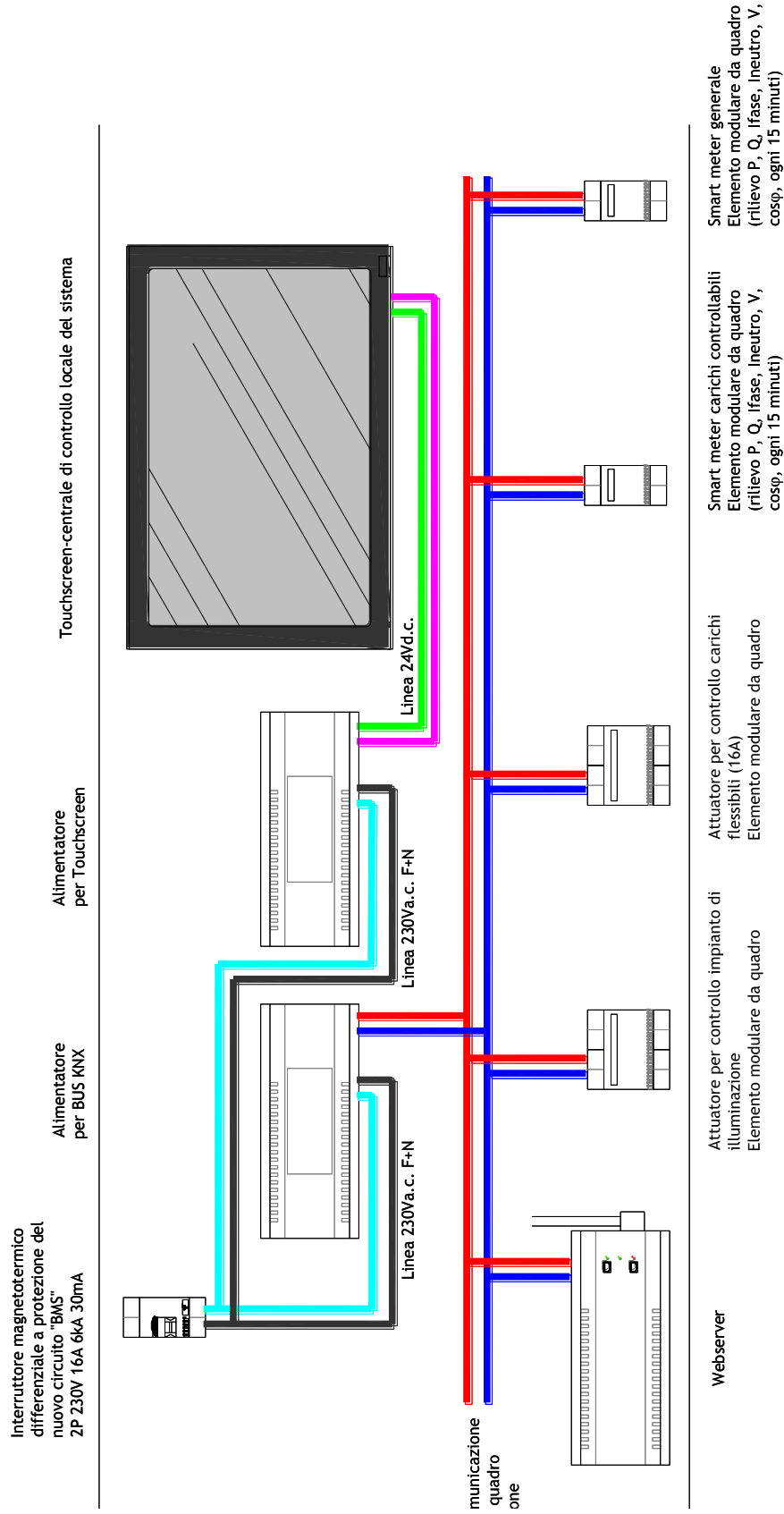









Figura 148. Schema a blocchi soluzione 1.

	<p>Alimentatore per installazione all'interno di quadro elettrico su guida DIN. 230V-24V. Assorbimento 30W.</p>
	<p>Display touch screen 'intelligente' che raccoglie le informazioni provenienti da apparecchi collegati o tramite rete Ethernet o tramite rete modbus seriale.</p>
	<p>Modulo alimentatore KNX adatto a generare la tensione bus necessaria ad alimentare una linea di dispositivi.</p>

	<p>Attuatore/interruttore modulare da quadro con n. 4 uscite per comando carichi elettrici fino a 16A. Da utilizzare per controllo carichi flessibili e impianto di illuminazione.</p>
	<p>Webserver modulare da quadro per gestione del sistema tramite smartphone.</p>
	<p>Smart meter digitale da quadro installabile su barra DIN.</p>
	<p>Rivelatore di presenza e di luminosità.</p>

Soluzione 2

La soluzione 2 è del tutto identica alla 1 ma è priva del display touch screen. Il sistema è comandabile e configurabile attraverso una pagina web accessibile da un PC o da uno smart-phone.

Tale soluzione consente un risparmio di costo notevole e rappresenta la configurazione verso cui tende il mercato, più propenso a favorire l'uso dei dispositivi smart di cui dispone l'utente piuttosto che a promuovere l'installazione di costosi touch screen.

Il computo metrico estimativo relativo a tale soluzione è riportato in allegato. Il costo di tale soluzione è circa 4300€ di cui il 45% determinato dal webserver.

La Figura 149 riporta lo schema a blocchi del sistema.

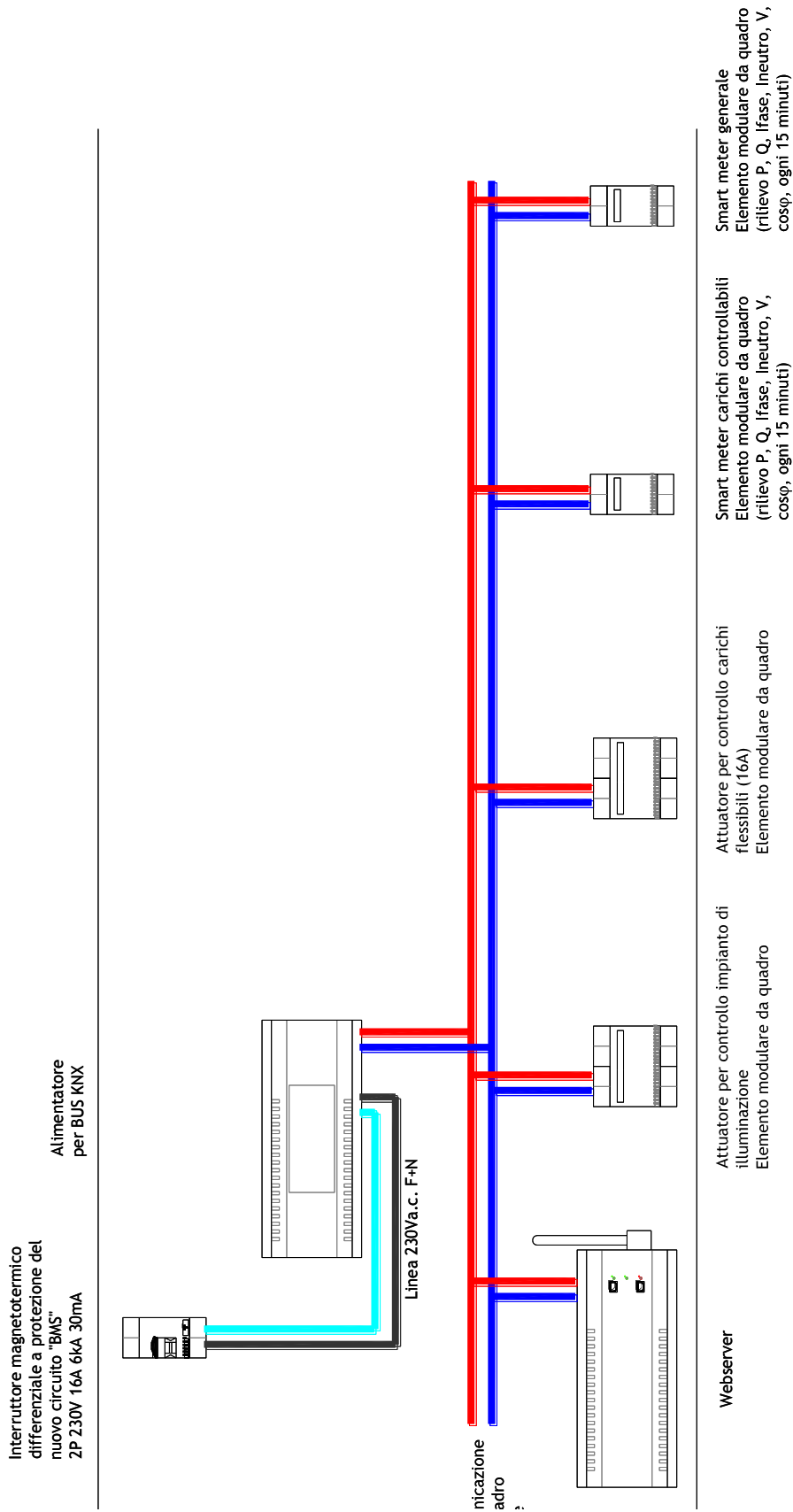


Figura 149. Schema a blocchi soluzione 2.




Soluzione 3

La soluzione 3, a differenza della soluzione 1, utilizza 4 contattori per comandare l'alimentazione/disalimentazione di quattro utenze: scaldacqua, lavatrice, lavastoviglie e pompa di calore. Altrettanti contattori comandano l'accensione/spengimento dei corpi illuminanti nelle diverse stanze dell'appartamento.

La soluzione 3 consente di intercettare le linee che alimentano le utenze nei punti che rendono minimo il lavoro per la realizzazione di nuove tracce o linee elettriche.

In questo caso è sufficiente l'installazione di un solo alimentatore (viene a mancare l'alimentatore del BUS KNX) in quanto l'invio dei segnali ai contattori avviene attraverso un dispositivo switch (smartlink ethernet) da quadro elettrico e un normale router.

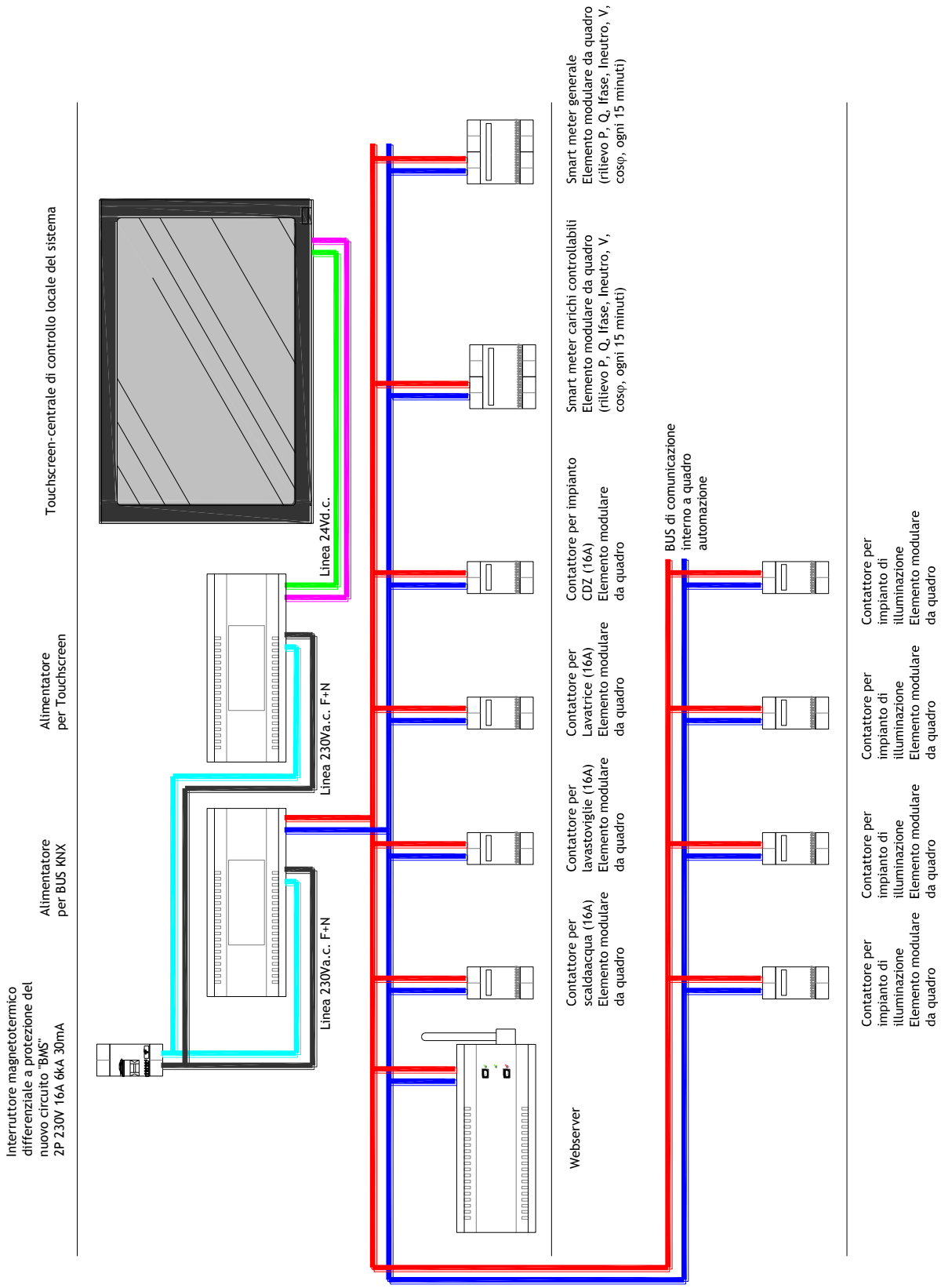
Di seguito il dettaglio dei componenti che costituiscono il sistema.

	<p>Alimentatore per installazione all'interno di quadro elettrico su guida DIN. 230V-24V. Assorbimento 30W.</p>
	<p>Display touch screen 'intelligente' che raccoglie le informazioni provenienti da apparecchi collegati o tramite rete Ethernet o tramite rete modbus seriale.</p>
	<p>Contattore modulare da quadro per comando carichi elettrici fino a 25A, con contatti ausiliari</p>

	<p>Smartlink Ethernet.</p>
	<p>Smart meter digitale da quadro installabile su barra DIN.</p>
	<p>Rivelatore di presenza e di luminosità.</p>

Il computo metrico estimativo relativo a tale soluzione è riportato in allegato. Il costo di tale soluzione è circa 5600€ di cui il 40% determinato dal touchscreen.

Lo schema a blocchi del sistema è rappresentato in Figura 150.



Interruttore magnetotermico differenziale a protezione del nuovo circuito "BMS" 2P 230V 16A 6kA 30mA

Alimentatore per BUS KNX

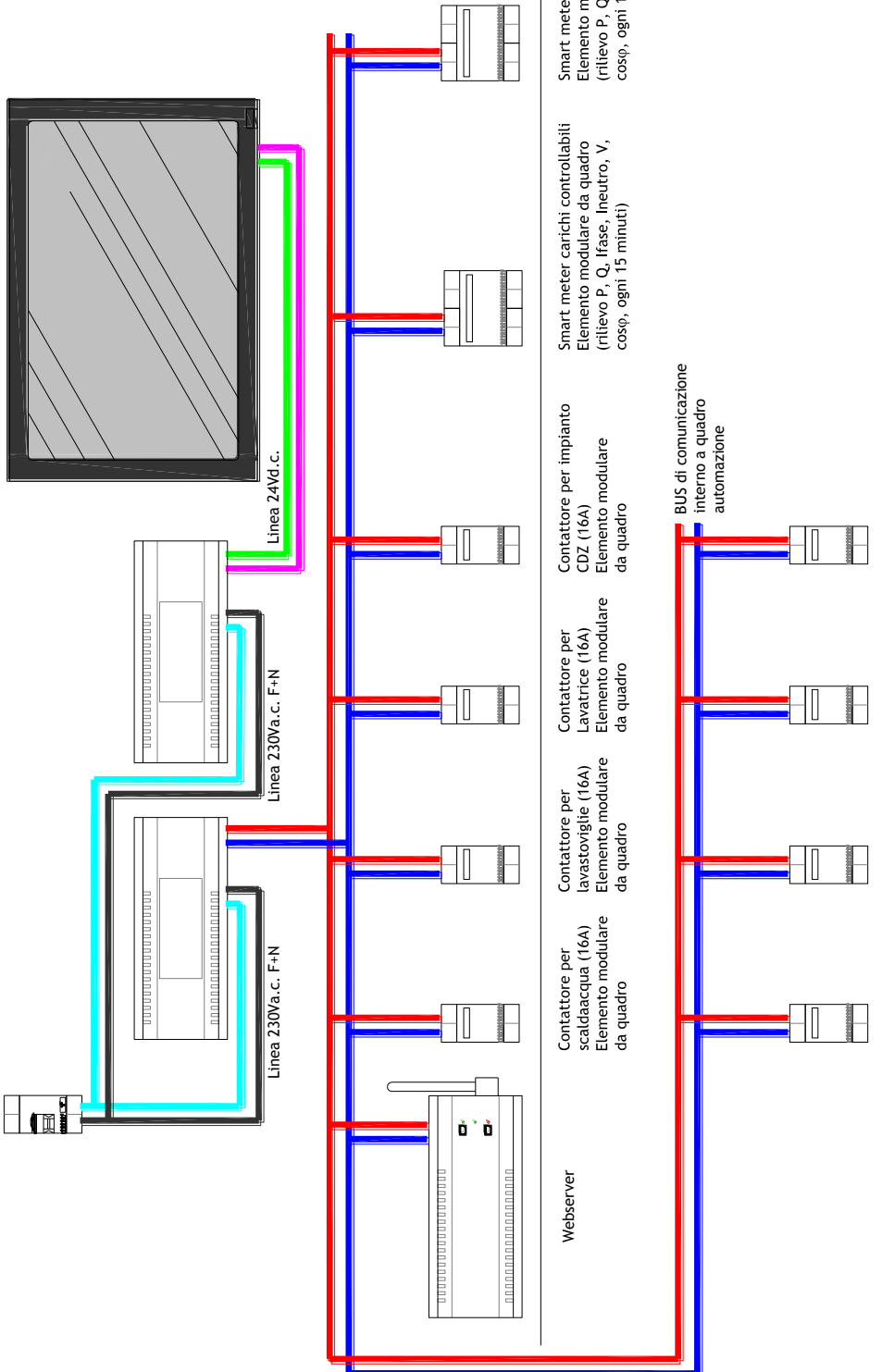
Alimentatore per Touchscreen

Touchscreen-centrale di controllo locale del sistema

Linea 230Va.c. F+N

Linea 24Vd.c.

Linea 230Va.c. F+N



Webserver

Contattore per scaldacqua (16A) Elemento modulare da quadro

Contattore per lavastoviglie (16A) Elemento modulare da quadro

Contattore per Lavatrice (16A) Elemento modulare da quadro

Contattore per impianto CDZ (16A) Elemento modulare da quadro

Smart meter carichi controllabili Elemento modulare da quadro (rilievo P, Q, I fase, Ineutro, V, cosφ, ogni 15 minuti)

Smart meter generale Elemento modulare da quadro (rilievo P, Q, I fase, Ineutro, V, cosφ, ogni 15 minuti)

BUS di comunicazione interno a quadro automazione

Contattore per impianto illuminazione Elemento modulare da quadro

Contattore per impianto di illuminazione Elemento modulare da quadro

Contattore per impianto di illuminazione Elemento modulare da quadro

Contattore per impianto di illuminazione Elemento modulare da quadro

Figura 150. Schema a blocchi soluzione 3.

8.5.2 Utenza 2 – Albergo

L'automazione di una struttura alberghiera, ai fini dell'efficientamento energetico e in particolare dell'implementazione di politiche di DR, è un compito molto più complesso di quanto visto per un'abitazione.

La criticità maggiore sta nel fatto che gli ospiti dell'albergo richiedono un certo grado di confort, commisurato al costo del servizio e al numero di stelle della struttura ospite.

In queste condizioni non è immaginabile che la struttura alberghiera possa offrire un'elevata quota di flessibilità dei carichi elettrici in quanto si rischierebbe di ledere il livello di confort atteso dagli ospiti.

Pertanto la comunicazione con il DC in cabina può essere utilizzata in caso di emergenza per la fornitura di servizi ancillari o per modulare leggermente il carico della struttura alberghiera in alcuni momenti della giornata.

Di contro, è sempre necessario limitare gli sprechi energetici che spesso sono conseguenza del comportamento poco accorto dell'utenza che tende a non spegnere le luci quando non si trova in camera, utilizzare l'impianto di condizionamento mantenendo le finestre delle camere aperte, mantenere la temperatura della camera a livelli molto bassi (durante il periodo estivo) e inferiori a quelli corrispondenti al massimo benessere fisiologico e alla massima efficienza dell'impianto di condizionamento (solitamente 26°C per le camere di albergo).

In quest'ottica i sistemi ICT e TBM possono essere utilizzati per spegnere in automatico le luci delle camere non occupate, per inibire il funzionamento dell'impianto di condizionamento locale se gli infissi della camera sono aperti o per limitare la possibilità di variazione della temperatura da parte dell'utente (normalmente viene consentita la possibilità di variare di $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ la temperatura di set-point impostata dalla centrale di condizionamento).

Pertanto, indipendentemente dalla possibilità di un controllo da parte del livello 2 del sistema di automazione e telecomunicazione dell'isola, ai fini dell'efficientamento energetico è sicuramente indispensabile per incrementare l'efficienza energetica dell'edificio scelto, installare un sistema di controllo delle utenze delle singole camere.

In letteratura si stima che i sistemi di automazione applicati nel settore alberghiero siano in grado di ridurre di circa il 20% il consumo elettrico dovuto all'utilizzo delle camere [72].

Nel caso della struttura alberghiera scelta, tenendo in conto le problematiche su esposte, sono state sviluppate due diverse soluzioni.

La struttura scelta ha 44 posti letto e 23 camere su due piani, produzione centralizzata con pompa di calore di ACS e di energia termica/frigorifera per riscaldamento/raffrescamento e non ha attualmente sistemi di automazione, tranne sensori di presenza per l'accensione temporizzata delle luci del corridoio e termostati ambiente per la regolazione della temperatura nelle camere.

Soluzione 1

La soluzione tecnologica per l'efficientamento energetico proposta vede l'installazione di un software centrale di gestione e di un building management systems (BMS) e l'installazione di una centralina di controllo locale per ogni camera.

Le centraline di camera sono collegate al BMS normalmente attraverso il cablaggio strutturato dell'edificio e comunicano con protocollo TCP-IP.

Partendo dalle caratteristiche dell'albergo in esame, si è definita la struttura del sistema di controllo tenendo conto dei seguenti obiettivi di progetto:

- assicurare il comfort dei clienti;
- attuare una manutenzione predittiva e programmata per ridurre i costi di gestione;
- ridurre al minimo i disagi causati da problemi ad utenze critiche come l'autoclave, il sistema di produzione dell'ACS e l'impianto di condizionamento dell'albergo;
- misurare i consumi elettrici totali, per utenze specifiche e per ogni camera;
- incrementare l'efficienza energetica della struttura alberghiera.

La Figura 151 rappresenta una centralina di controllo locale della camera d'albergo tipo. Essa consente di:

- disattivare tutte le luci della camera tranne una luce di cortesia all'ingresso in assenza di occupanti (scheda magnetica non presente nel lettore badge interno);
- disattivare tutte le prese della camera tranne la presa frigo-bar e una presa per consentire la ricarica di un dispositivo elettronico (laptop, cellulare, tablet, etc.) in assenza di occupanti;
- attivare tutte le luci e le prese della camera in presenza di occupanti (inserendo la scheda nella tasca porta-badge interna);
- consentire l'apertura della camera, agendo sull'elettroserratura della porta, attraverso un badge personalizzato;
- gestire le chiamate di emergenza dal servizio igienico allertando la reception;
- disattivare l'impianto di condizionamento della camera se la porta di ingresso o la finestra sono aperti (segnali provenienti dall'incontro elettrico porta o finestra);
- inibire la possibilità di regolazione eccessivamente dispendiose della temperatura ambiente;
- misurare i consumi energetici della camera.

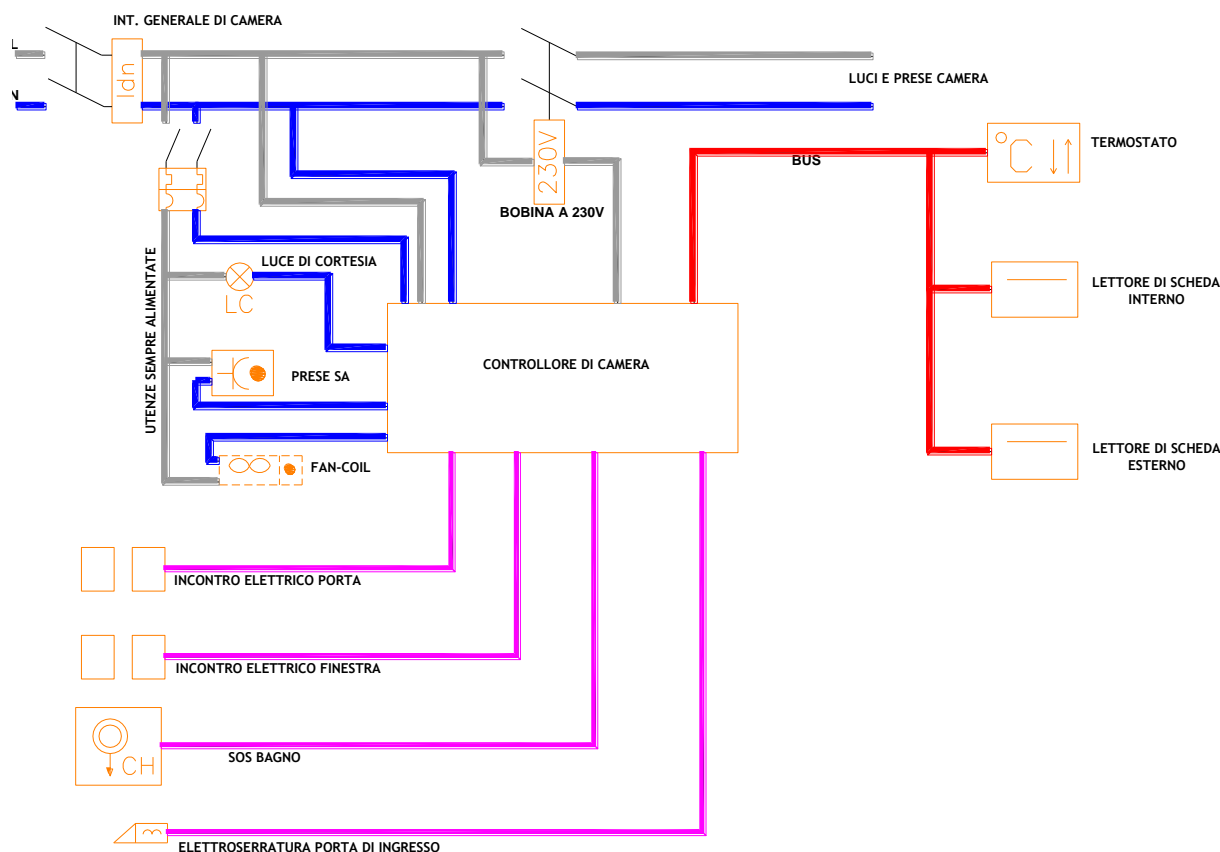


Figura 151. Schema a blocchi controllo camera d'albergo.

Per potere realizzare le funzioni su descritte è necessario modificare la distribuzione elettrica della camera, come riportato in Figura 152. Il centralino di distribuzione locale deve essere in grado di:

- alimentare il controllore di camera sia in presenza che in assenza di ospiti;
- alimentare le prese SA (sempre alimentate), l'unità di condizionamento locale e la luce di cortesia sia in presenza che in assenza di ospiti;
- impedire l'alimentazione delle prese e delle luci ordinarie in assenza di ospiti.

Per far ciò è necessario intervenire sul centralino esistente e realizzarne uno ex-novo contenente le seguenti apparecchiature:

- n.1 interruttore generale del tipo differenziale puro 2P 230V 25A 30mA tipo AC;
- n.1 interruttore magnetotermico conforme alla norma CEI EN 60898-1 [73] 2P 230V 16A 4,5kA curva C per alimentazione delle utenze SA;
- n.1 contattore con bobina a 230V 2P 20A per inibizione/attivazione prese e luci ordinarie, controllato dalla centralina di camera;
- n. 1 interruttore magnetotermico conforme alla norma CEI EN 60898-1 2P 230V 16A 4,5kA curva C per alimentazione prese ordinarie;
- n. 1 interruttore magnetotermico conforme alla norma CEI EN 60898-1 2P 230V 6A 4,5kA curva C per alimentazione luci ordinarie;
- eventualmente n.1 interruttore differenziale puro 2P 230V 25A 10mA tipo AC per alimentazione prese e phon in quelle camere nei cui servizi igienici si possono trovare tali componenti in prossimità di vasche o docce, in accordo alla Norma CEI 64-8 parte VII.

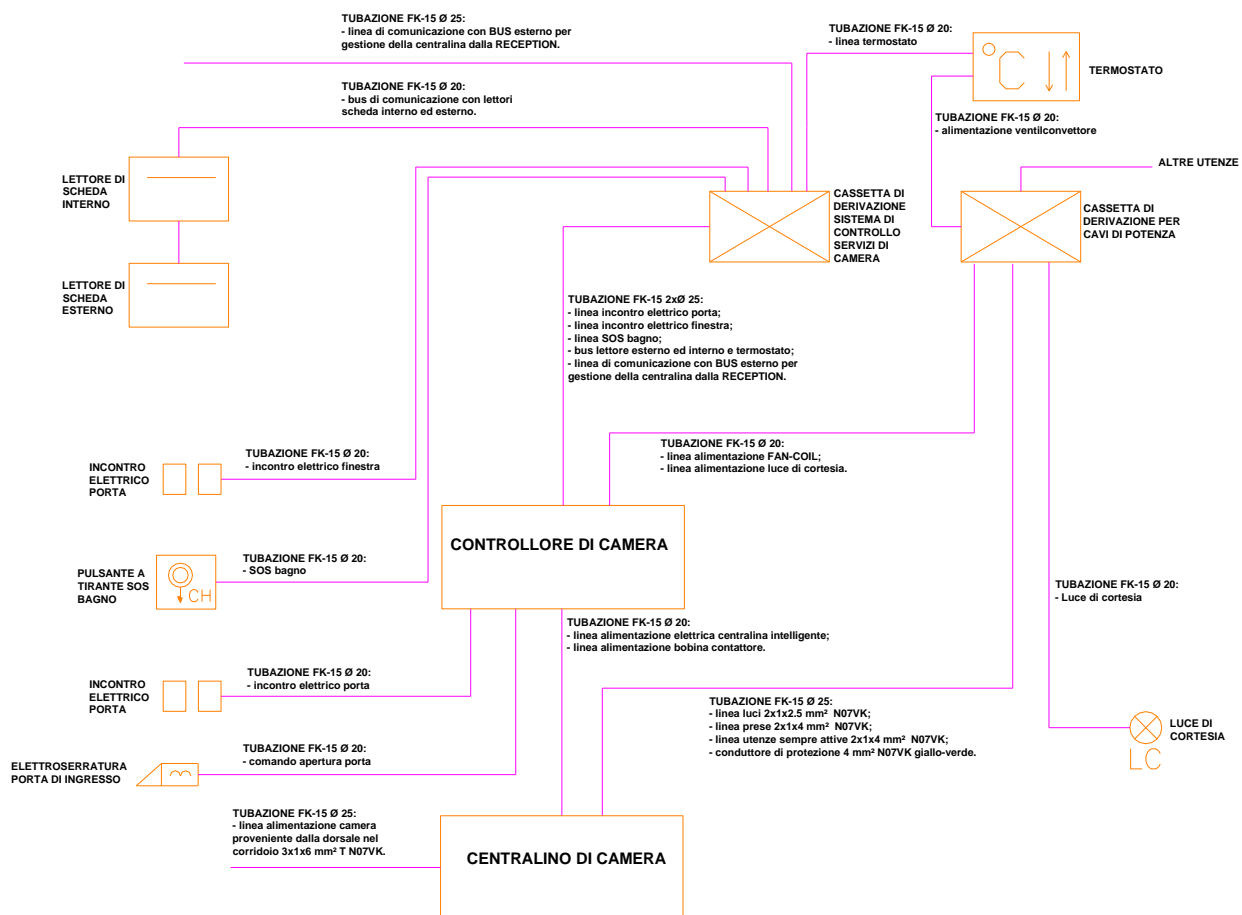


Figura 152. Schema a blocchi con individuazione di cassette di derivazione e tubazioni.

La sostituzione dei componenti del centralino di distribuzione elettrica di camera non è l'unica opera da realizzare per poter automatizzare l'ambiente. Infatti, per poter realizzare il controllo dei carichi come rappresentato in Figura 151, è necessario eseguire delle opere murarie per installare nuove cassette di distribuzione elettriche e di segnale e nuove tubazioni incassate.




In Figura 152 è rappresentato lo schema a blocchi degli impianti con individuazione delle tubazioni e cassette da installare e dei collegamenti tra queste. Come si evince dalla figura, le opere non sono indifferenti e questo fa crescere il costo per la realizzazione della soluzione proposta che è pari a 62000 €.





Lo schema unifilare del centralino di camera è rappresentato in Figura 153.

Il costo comprende anche la programmazione della centrale di sistema e l'installazione del software gestionale oltre che la fornitura e posa in opera di n.2 switch da 12 porte ciascuno (uno per ogni piano) e la realizzazione della rete di trasmissione dati dagli switch fino ai controllori di camera con cavi UTP e connettori RJ45.

Si prevede di installare i cavi in un nuovo canale porta cavi in materiale termoplastico dotato di coperchio dalle dimensioni minime 100x50mm da posare nei corridoi dell'albergo.

Di seguito sono rappresentati i componenti del sistema.

	Switch 12 porte.
	Centrale di sistema.
	Configuratore di badge.

	<p>Controllore di camera per funzionamento in rete.</p>
	<p>Letto di badge.</p>
	<p>Tasca porta badge.</p>
	<p>Contatto magnetico per segnalazione stato infissi.</p>

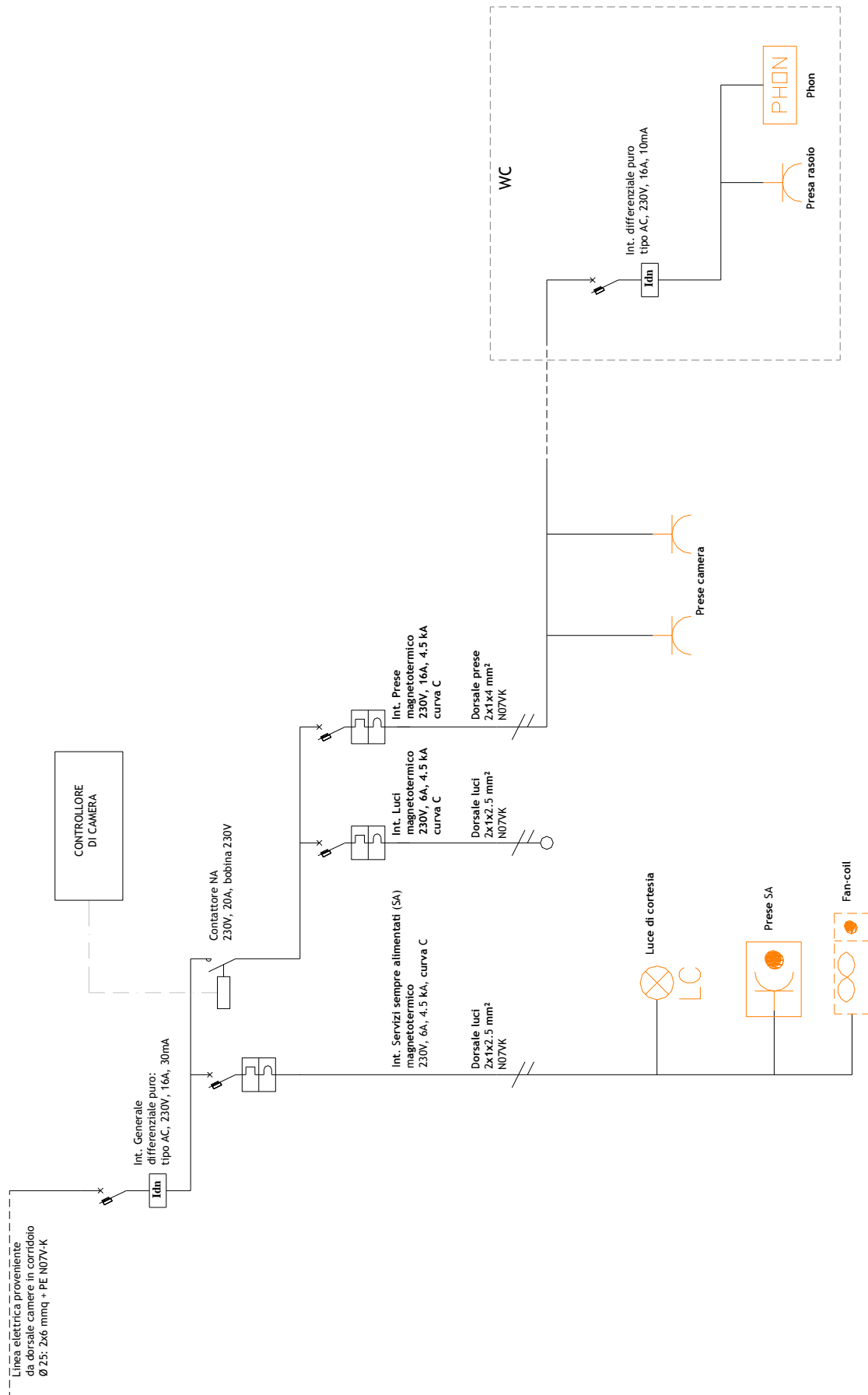


Figura 153 . Modifica del centralino di distribuzione di camera in seguito all'installazione di un sistema di automazione.

Soluzione 2

La soluzione 2 rinuncia alla possibilità di un controllo centralizzato delle camere. In questo caso ogni camera è dotata di un suo controllore locale operante in modalità stand-alone e in grado di svolgere le stesse funzioni del caso precedente.

Il costo del sistema è pari a 45900€, circa il 75% del costo della soluzione 1, in quanto mancano la centrale, gli switch e la distribuzione orizzontale e verticale per la realizzazione della rete LAN a supporto del sistema. Il limite della soluzione 2 è l'impossibilità di rendere l'albergo parte della smart-grid per l'implementazione di logiche di DR e di gestione del carico aggregato.

8.5.3 Riepilogo dei risultati dello studio

Sono state proposte diverse soluzioni per l'automazione, il controllo e il monitoraggio delle due utenze esaminate, ognuna delle quali presenta costi e funzionalità diverse.

Si noti come l'incidenza economica del BMS (rappresentato in particolare dal touchscreen) sia notevole nel caso dell'abitazione e inferiore nel caso dell'albergo.

Nelle Tabella 50 e Tabella 51 sono sintetizzati i risultati dello studio di fattibilità per l'abitazione e per l'albergo, rispettivamente.

Tabella 50. Confronto tra le diverse soluzioni ICT e BMS per l'abitazione.

<i>Sol</i>	<i>Costo [€]</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
1	6200	<ul style="list-style-type: none"> Soluzione più completa Possibilità di controllo dal DSO Offre la possibilità di controllare il sistema localmente con lo schermo touchscreen 	<ul style="list-style-type: none"> Maggior costo Il malfunzionamento dell'unico attuatore inficia la possibilità di controllo di tutti i carichi È necessario realizzare delle linee dirette dal quadro automazione ai carichi
2	4300	<ul style="list-style-type: none"> Soluzione più economica Offre le stesse funzioni di controllo e di monitoraggio della prima soluzione 	<ul style="list-style-type: none"> Il malfunzionamento dell'unico attuatore inficia la possibilità di controllo di tutti i carichi È necessario realizzare delle linee dirette dal quadro automazione ai carichi Non consente la programmazione e il controllo tramite touchscreen ma necessita di un PC o uno smartphone per la configurazione del sistema e per il monitoraggio
3	5600	<ul style="list-style-type: none"> Soluzione intermedia in termini di costi e di prestazioni Offre le stesse funzioni di controllo e di monitoraggio della prima soluzione Se opportunamente installati, i contattori consentono di evitare la realizzazione di nuove linee elettriche. 	<ul style="list-style-type: none"> Necessita di un router È necessario installare una linea BUS

Tabella 51. Confronto tra le diverse soluzioni ICT e BMS per l'albergo.

<i>Sol</i>	<i>Costo [€]</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
1	62000	<ul style="list-style-type: none"> • Soluzione più completa • Possibilità di controllo dal DSO • Offre la possibilità di controllare l'intero albergo attraverso il software gestionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Maggior costo • Necessari interventi sul cablaggio strutturato esistente • Maggiore invasività
2	45900	<ul style="list-style-type: none"> • Soluzione più economica • Non necessita di modifiche o integrazioni al cablaggio strutturato dell'albergo 	<ul style="list-style-type: none"> • Non consente il controllo dei componenti da parte del DSO. • Non consente l'implementazione di logiche di controllo aggregato dei carichi dell'albergo

Si rappresenta che tutti i costi riportati nelle tabelle precedenti sono al netto di IVA.

8.6 Conclusioni

A valle dello studio di fattibilità presentato, alcune considerazioni sono doverose.

In primo luogo è bene ricordare che, per dimensioni, dislocazione territoriale e numerosità di utenti, la smart grid di Lampedusa può essere facilmente assimilata ad una Smart City.

Sebbene il concetto di ICT in una Smart City sia subito associato al termine "Eco", con riferimento ai vantaggi economici conseguenti alla riduzione dei consumi grazie all'automazione ed al controllo [74], l'ICT consente numerose altre applicazioni legate alla sicurezza e al confort degli utenti che [75], dati gli scopi del presente studio non sono state prese in considerazione.

Andando oltre lo studio di fattibilità qui presentato, il progetto di una "Smart Island" dovrebbe tenere conto di diversi fattori quali:

- l'indipendenza energetica delle piccole isole;
- l'efficientamento energetico di utenti, rete di distribuzione e sistema di produzione;
- il massimo sfruttamento delle risorse rinnovabili disponibili;
- la possibilità di conseguire risparmi economici sia per gli utenti sia per il DSO;
- la disponibilità di informazioni relative ai servizi;
- la pianificazione della rete nel territorio;
- lo sviluppo economico del territorio, favorendo la nascita di nuovi servizi;
- la ricerca e l'eliminazione dei guasti;
- il controllo delle reti e dei generatori al fine di ridurre la possibilità di guasto;
- un'adeguata risposta alle perturbazioni nel sistema elettrico;
- la qualità della tensione di rete;
- la gestione del traffico;
- lo sviluppo del turismo;
- l'accessibilità ai servizi della casa e del territorio attraverso la creazione di apposite interfacce;
- l'ottimizzazione delle postazioni di ricarica dei veicoli elettrici;

e diversi altri fattori [76]-[81].

Per tenere conto di questi fattori, presso gli utenti scelti dovrebbero essere installati altri dispositivi oltre quelli individuati, con un conseguente incremento notevole del costo di realizzazione degli impianti.

Inoltre, l'implementazione di funzioni aggiuntive oltre a quelle che consentono un risparmio energetico per l'utente e la messa in atto di politiche di DR potrebbe comportare modifiche anche ai mezzi trasmissivi adoperati per la comunicazione dei dispositivi.

Infine, sebbene esuli dallo scopo del presente lavoro, si è stimato anche il costo di un DC da installare presso una cabina di distribuzione. Questi, comprensivo di Touch-screen per facilitare le operazioni di programmazione e lettura da parte di un operatore si aggira intorno ai 5000€. A questi vanno aggiunti orientativamente altri 3000€ per la programmazione e la messa in servizio e il collaudo da parte del produttore. Tale cifra è in realtà molto variabile in quanto dipende dalle funzioni che il DC potrà implementare. Al costo della fornitura, posa in opera e messa in esercizio va aggiunto anche il costo dei dispositivi di collegamento alla rete di telecomunicazione esistente o la realizzazione di collegamenti mediante onde radio attraverso l'installazione di appositi dispositivi presso la cabina di trasformazione e i singoli utenti dal costo orientativo di 1000€/cad.

9 Predisposizione di un sistema di climatizzazione innovativo ad energia solare presso il Laboratorio ENEA di Lampedusa

Nell'ambito delle attività di ricerca sulle tecnologie DEC per la climatizzazione dell'aria, verrà trasferito il prototipo *freescoo* a letti fissi raffreddati dal Dipartimento DEIM dell'Università di Palermo presso cui è attualmente installato al sito ENEA presso il Faro di Capo Grecale a Lampedusa (Figura 154).



Figura 154. Foto del prototipo freescoo attualmente installato presso il Laboratorio solare del DEIM dell'Università di Palermo.

Il sistema, progettato per attuare un trattamento dell'aria completo (raffreddamento, deumidificazione e ricambio dell'aria) a partire dal solo calore fornito dal sole è stato monitorato tra il 2014 e il 2015 presso l'Università di Palermo e i risultati della campagna di misure sono disponibili nel report ENEA "Test funzionali ed ottimizzazione delle performance di due prototipi di condizionatore d'aria compatti Solar DEC". Le principali caratteristiche tecniche dell'unità *freescoo* in esame sono:

- dimensioni impianto in pianta: $1,2 \times 2 \text{ m}^2$;
- superficie lorda del collettore solare ibrido termico/fotovoltaico: $2,4 \text{ m}^2$;
- inclinazione del collettore: 25° ;
- portata d'aria immessa in ambiente: $500 \text{ m}^3/\text{h}$;
- potenza frigorifera massima: $2,7 \text{ kW}$ ($T_{\text{est}} = 35^\circ\text{C}$, $x_{\text{est}} = 14 \text{ g/kg}$);
- potenza elettrica massima assorbita dagli utilizzatori interni: 120 W ;
- alimentazione elettrica tramite modulo fotovoltaico o tramite rete elettrica;
- refrigerante utilizzato: acqua.

Si prevede di effettuare nella prossima annualità una campagna di test al fine di studiare il comportamento del sistema nelle specifiche condizioni climatiche dell'isola e di confrontare i risultati con quelli ottenuti dal sistema a pompa di calore alimentato da fotovoltaico.



Figura 155. Ortofoto del sito su cui insiste la postazione ENEA presso il Faro di Capo Grecale dove verrà installato il sistema freesco.

Infatti la struttura ENEA di Lampedusa, equipaggiata per condurre ricerche in ambito oceanografico, climatico, sulla composizione chimica dell'atmosfera e sulla radiazione solare, ospita anche diverse attrezzature per lo svolgimento di test sull'accoppiamento tra fotovoltaico e sistemi a pompa di calore elettriche e solar driven.



Figura 156. Vista dell'impianto fotovoltaico che alimenterà il sistema a pompa di calore da testare durante le sperimentazioni.

Sono state svolte alcune attività propedeutiche all'installazione che avverrà nei prossimi mesi. In particolare, in una prima fase si è fatto lo studio del sito di installazione e degli interventi necessari per l'installazione del sistema. Si è scelto di installare la macchina in prossimità del container del Laboratorio

ENEA contenente le apparecchiature di controllo dell'impianto fotovoltaico a servizio della pompa di calore in modo tale da ridurre al minimo gli ombreggiamenti sul collettore PV/T della macchina.



Figura 157. Vista dell'impianto fotovoltaico e del container dove sono installate le apparecchiature da utilizzare durante le sperimentazioni.

Per minimizzare gli interventi sulle pareti del container si è scelto di utilizzare una griglia dell'aria esistente posta sulla parete EST per il passaggio dei canali di mandata e ripresa. Al fine di eliminare l'ombreggiamento della ringhiera attualmente presente, si è considerata la possibilità di rimuoverla. L'ombra proiettata sul collettore della macchina comprometterebbe infatti il buon funzionamento del modulo fotovoltaico montato a bordo della macchina.

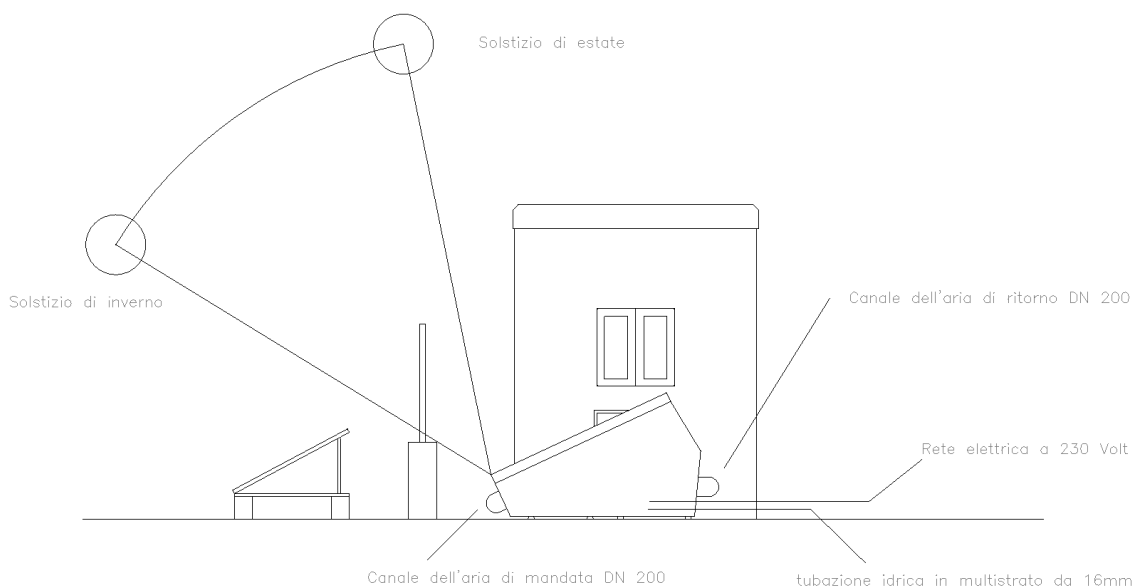


Figura 158. Vista laterale da EST del sistema freescoc posizionato accanto al container.

Per l'installazione della macchina bisognerà realizzare le canalizzazioni di mandata e ripresa dell'aria le quali attraverseranno la griglia che si vede in Figura 157. Questa verrà sostituita da un pannello provvisto degli idonei attacchi per il collegamento dei canali dell'aria. I canali dovranno avere dei tratti rettilinei di lunghezza sufficiente (almeno 1 metro) per la misura della velocità dell'aria tramite anemometri a filo caldo. Il collegamento del carico dell'acqua potrà essere realizzato con tubazione in multistrato da 16 mm. Per il funzionamento del sistema di monitoraggio è necessario collegare le apparecchiature presenti a bordo della macchina alla rete ad un computer da installare all'interno del container. Al fine di poter verificare il buon funzionamento del sistema deve essere reso possibile l'accesso al pc tramite rete internet. Il monitoraggio del funzionamento del sistema sarà effettuato attraverso un programma implementato in ambiente Labview. Il funzionamento della macchina potrà essere monitorato attraverso le diverse grandezze acquisite dai sensori installati in campo. I sensori attualmente disponibili a bordo della macchina permettono la misura delle seguenti grandezze:

- radiazione solare incidente sul piano dei collettori;
- temperatura, umidità relativa dell'aria in ingresso ed uscita dai letti adsorbenti e nello scambiatore evaporativo;
- temperatura e velocità dell'aria nel collettore solare;
- temperatura dell'acqua in ingresso e uscita nel sistema di raffreddamento;
- potenza elettrica istantanea assorbita;

Devono invece essere installati i nuovi seguenti sensori;

- velocità dell'aria in mandata;
- velocità dell'aria in ripresa;
- temperatura, umidità relativa dell'aria esterna;
- temperatura, umidità relativa dell'aria nel locale di prova;
- contaltri per la misura del consumo di acqua;

L'attuale sistema di monitoraggio dell'unità comprende sei sensori di temperatura e umidità del tipo Elektronik GmbH modello EE060 con precisione $\pm 2,5\%$ sul valore di umidità e $\pm 0,5^\circ\text{C}$ sulla temperatura, quattro anemometri a filo caldo con precisione del $\pm 0,2\text{m/s} +3\%$ del valore misurato, un piranometro modello Deltaohm LP PYRA 03 (2a classe, ISO 9060) installato sul piano del collettore e un misuratore di corrente e tensione continua con $\pm 0,5\%$ di accuratezza.

Il sistema di monitoraggio e controllo è stato realizzato per mezzo del software Labview in accoppiamento con un'unità Compact DAQ 9184 della National Instruments a 16 bit.

L'installazione della macchina permetterà di attuare nella successiva annualità un confronto diretto tra il sistema suddetto e quello PV in accoppiamento con la pompa di calore, con particolare riferimento agli impatti sulla rete elettrica. A tal fine si è esaminato l'hardware necessario per il monitoraggio e le procedure da adottare durante la fase di test.

Per il confronto tra le due tecnologie sono stati individuati alcuni indicatori di prestazione energetica e di impatto sulla rete elettrica idonei per un confronto tra i sistemi. Uno tra questi è ad esempio la potenza massima assorbita rispetto a quella media giornaliera. Questa grandezza descrive bene l'impatto del sistema di climatizzazione sulla rete elettrica in termini di picchi di potenza rispetto all'assorbimento medio. Altro indicatore che verrà analizzato, tipico degli impianti di solar cooling, è il COP elettrico globale definito come l'energia frigorifera totale fornita in una certa base temporale e l'energia elettrica complessivamente utilizzata da tutti i componenti dell'impianto (pompe, ventilatori, apparecchiature di controllo, ecc..).

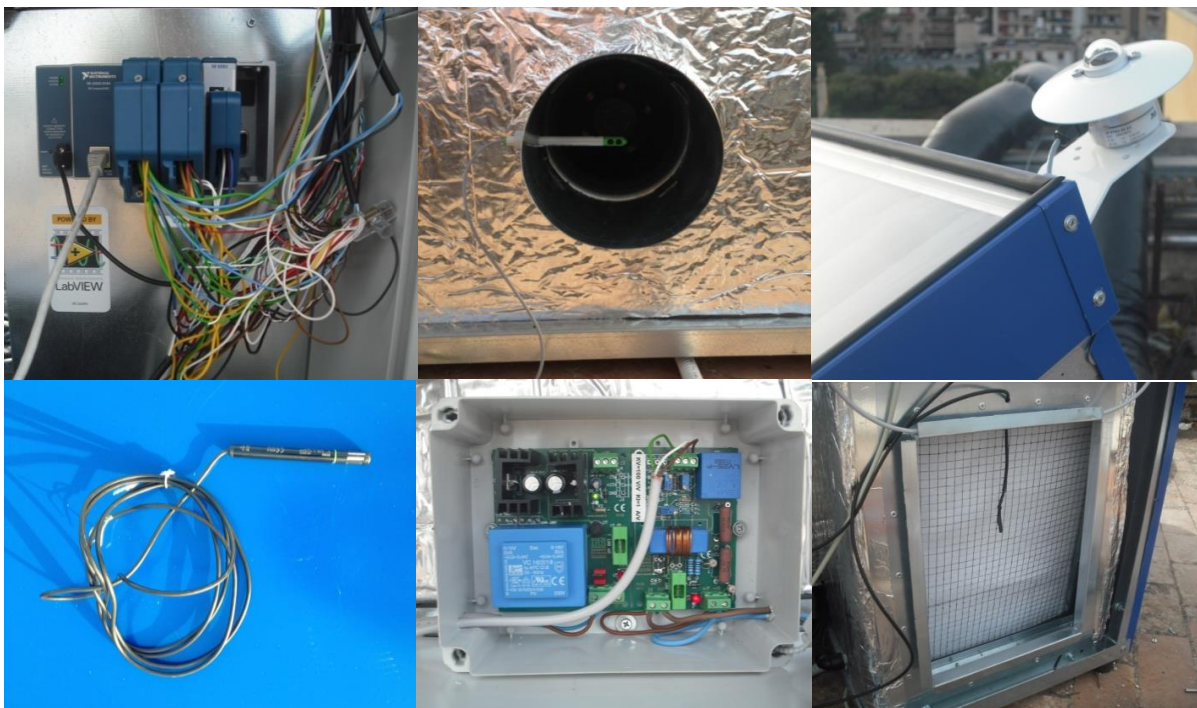


Figura 159. Foto di alcune parti dell'unità di acquisizione e controllo NI cDAQ 9184 e di alcune parti della strumentazione di misura attualmente utilizzata.

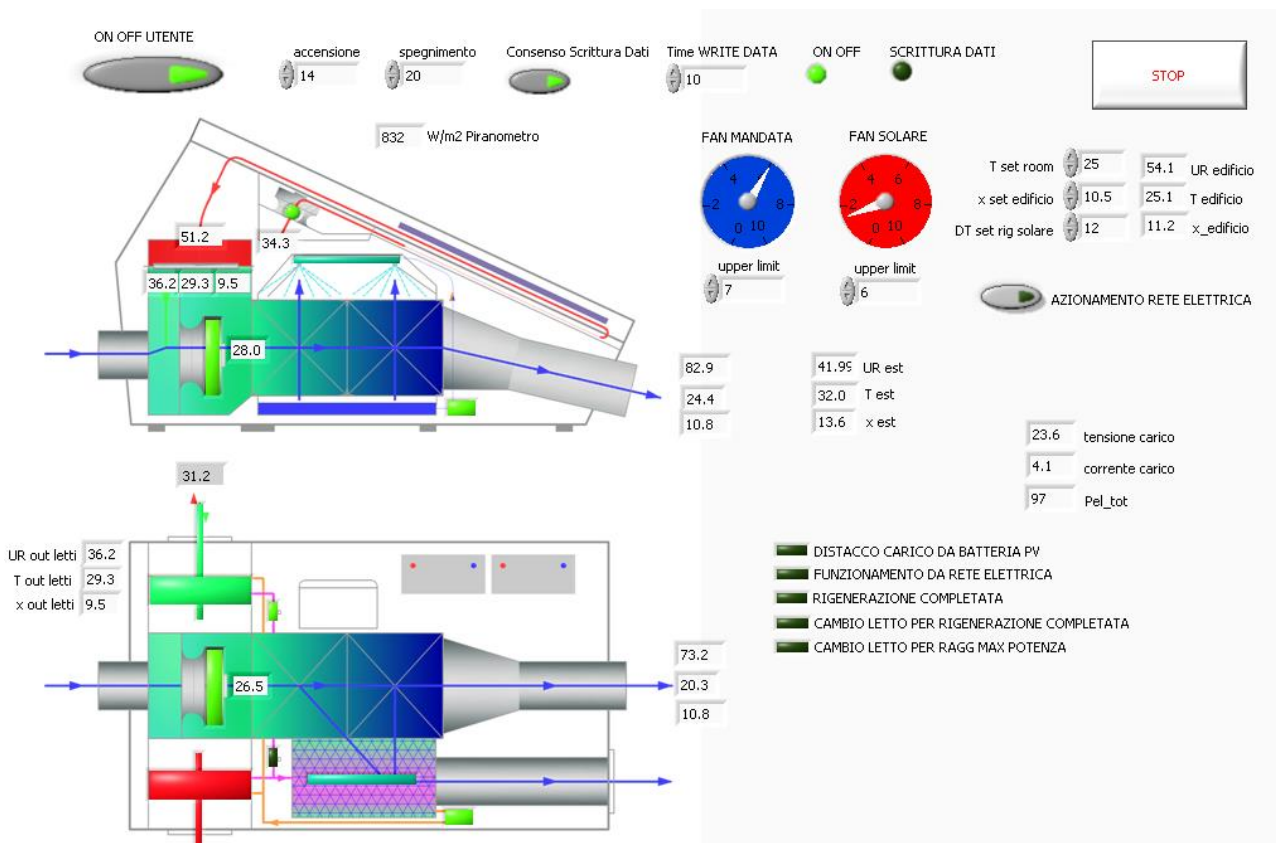


Figura 160. Pannello di controllo del programma di acquisizione e monitoraggio sviluppato in Labview.

Sono state ipotizzate infine alcune strategie di confronto e attività di test:

- Analisi delle prestazioni energetiche e degli impatti sulla rete a parità di superficie solare captante (l'impianto PV può essere sezionato per ridurre la potenza)
- Analisi degli impatti sulla rete a parità di potenza frigorifera fornita all'edificio (i due sistemi saranno collegati allo stesso locale). In questa prova si cercherà di riprodurre le stesse condizioni operative di funzionamento per entrambi i sistemi considerando anche il fatto che il sistema DEC per sua natura realizza un ricambio forzato dell'aria nell'ambiente servito
- Studio dell'effetto relativo alla presenza dell'accumulo elettrico nel sistema PV in accoppiamento con la pompa di calore PdC e della capacità termica sotto forma di calore latente nel sistema DEC e confronto fra essi.

10 Conclusioni

Lo studio condotto è consistito prevalentemente in un esame approfondito di diversi aspetti relativi alle utenze elettriche e termiche dell'isola di Lampedusa ma ha anche riguardato l'analisi del territorio e del sistema di generazione e distribuzione dell'energia elettrica dell'isola.

Con riferimento agli aspetti elettrici, lo studio condotto ha permesso di individuare da un lato la struttura e le caratteristiche principali del sistema di generazione e distribuzione dell'energia elettrica dell'isola di Lampedusa, dall'altro le caratteristiche e i "comportamenti energetici" degli utenti a diversi livelli.

La conoscenza della rete elettrica isolana e dei cicli di lavoro dei generatori in centrale ha consentito di delineare le problematiche relative alla produzione e allo smistamento dell'energia elettrica, le quali serviranno da base di partenza per una futura definizione di logiche di DR per la gestione dei carichi flessibili aggregati. Proprio con riferimento a questo aspetto è stata definita una metodologia per la determinazione della quota flessibile e non flessibile del carico aggregato dell'isola e per la valutazione dell'impatto sulla rete di politiche di efficientamento e logiche di DR.

Con riferimento all'esame degli utenti del sistema elettrico, sono stati messi in evidenza i diversi assorbimenti di energia nei vari periodi dell'anno solare, durante l'arco della giornata, a livello globale (diagrammi di carico rilevati in centrale) e locale, e per le diverse tipologie di utenze, individuando in alcuni casi comportamenti differenti di utenze appartenenti alla stessa tipologia (e.g. utente domestico residente e utente domestico stagionale).

Inoltre, a partire dallo studio delle dotazioni dei vari utenti del sistema elettrico, sono stati individuati gli interventi di efficientamento energetico più adatti da implementare e sono stati valutati gli impatti che tali interventi hanno non solo sui consumi energetici ma anche sulla forma del diagramma di carico giornaliero. In questa fase del lavoro sono stati fondamentali i dati ottenuti attraverso il censimento effettuato, l'esame delle bollette elettriche degli utenti e il monitoraggio di tre utenze rappresentative.

Le simulazioni svolte per valutare l'efficacia dei sistemi di climatizzazione e produzione di ACS da fonte rinnovabile hanno mostrato come, per l'utenza residenziale, sia possibile ridurre drasticamente il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete per tutti e tre i suddetti usi finali, impiegando la risorsa solare, inspiegabilmente ancora sotto utilizzata nell'isola. Tale impiego inoltre comporterebbe una riduzione dell'impegno di potenza e quindi un ulteriore risparmio di natura economica per l'utente finale.

L'applicazione di sistemi solari termici potrebbe senz'altro ridurre i picchi di prelievo di potenza dalla rete, soprattutto nel caso dell'utenza domestica. Lo stesso obiettivo è stato perseguito anche nel caso di sistemi alimentati da energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici. Tuttavia in questo caso tale obiettivo è raggiungibile a costo di installare sistemi di accumulo elettrochimico di capacità talvolta molto consistenti (albergo); tale soluzione comporterebbe quindi alcuni problemi sia sul piano tecnico che sul piano economico.

L'impiego di pompe di calore per la produzione di ACS, registrato nel caso dell'utenza alberghiera, costituisce sicuramente un migliore punto di partenza in quanto consente, sfruttando i recuperi termici già previsti, di limitare consistentemente le dimensioni dell'impianto solare termico. Anche nel caso di utilizzazione di sistemi di solar cooling heat driven, l'integrabilità con il sistema a pompa di calore risulta particolarmente conveniente dal punto di vista energetico e potrebbe certamente limitare gli extra costi che costituiscono la barriera principale alla diffusione di tali tecnologie.

Infine è stato proposto uno studio di fattibilità mirante a definire la struttura e le caratteristiche del sistema ICT per l'efficientamento delle utenze e della rete elettrica dell'isola di Lampedusa. È stata definita la struttura del sistema di telecomunicazione, monitoraggio e controllo dei carichi; sono state proposte e quantificate economicamente diverse soluzioni per la realizzazione di sistemi ICT e BAC per un'utenza residenziale e per un'utenza alberghiera.

A partire dai risultati del presente studio, ci si propone in future attività di ricerca di:

- Definire delle logiche di controllo del carico flessibile per migliorare l'efficienza energetica del sistema di generazione e distribuzione dell'energia elettrica dell'isola di Lampedusa;
- Operare sperimentazioni in campo delle tecnologie indagate;
- Valutare gli impatti sulla rete delle soluzioni proposte per l'efficientamento delle utenze.

11 Appendice 1 – Questionario

UTENZE RESIDENZIALI

DATI GENERALI

INDIRIZZO: via.....N.....

n. piani.....

n. di occupanti che risiedono **stabilmente** nell'abitazione:

n. di occupanti che risiedono **occasionalmente** nell'abitazione:

connessione internet [si/no]:

superficie totale inclusi magazzini, rimesse ed altri locali non ad uso abitativo (m²):

superficie abitata (m²):

pareti	con isolante termico	<input type="checkbox"/>	senza isolante termico	<input type="checkbox"/>	spessore totale cm:	
tetto/piano terra	con isolante termico	<input type="checkbox"/>	senza isolante termico	<input type="checkbox"/>	tipo isolante:	
vetro finestre	singolo	<input type="checkbox"/>	doppio	<input type="checkbox"/>		
telaio finestre	PVC	<input type="checkbox"/>	legno	<input type="checkbox"/>	Alluminio:	
			legno/PVC	<input type="checkbox"/>	-con taglio termico	<input type="checkbox"/>
					- senza taglio termico	<input type="checkbox"/>

IMPIANTO ACQUA CALDA SANITARIA

scaldabagno GPL elettrico litri:; anno di installazione.....

FONTI RINNOVABILI

Solare termico:(m²) Fotovoltaico:(kW)

per produzione acqua calda Orientamento:

per riscaldamento Tipologia:

RISCALDAMENTO

stufa GPL caldaia GPL o pellet anno di installazione.....

POMPA DI CALORE

uso estivo e invernale totale BTU/h.....

anno di installazione:

n. di elementi interni:

n. di elementi esterni:

DATI ELETTRICI

Alimentazione Monofase [] Trifase [] **Potenza contrattuale** kW

APPARECCHIATURE ELETTRICHE PRINCIPALI

tipo	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni
frigorifero		incandescenza		
TV		LED		
lavatrice		neon		
lavastoviglie		alogene		
forno				
ventilatori				

cucina gas elettrica induzione autoclave (si/no): P [kW]
 altro:

SISTEMI DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO (BAC/TBM)			
tipo	Presente	Tipo	Numero elementi controllati
Gestione luci	SI [] NO []		
Gestione tapparelle	SI [] NO []		
Gestione impianto termico e climatizzazione (termostato o altro)	SI [] NO []		
Allarmi	SI [] NO []		
altro	SI [] NO []		

Il/La Sottoscritto/a _____ nato a _____ il _____
 e residente in _____, proprietario dell'immobile sito in
 Lampedusa, via _____ n. _____

- autorizza S.EL.I.S. a fornire i dati orari di consumo per la propria utenza
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università degli Studi di Palermo ad effettuare il monitoraggio dei propri consumi
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università di Palermo ad effettuare un sopralluogo
- fornisce copia delle bollette per l'energia elettrica per il 2015

NB I DATI FORNITI SARANNO ELABORATI E PUBBLICATI IN FORMA ANONIMA

Lì, ____/____/_____

(firma)

UTENZE ALBERGHIERE

DATI GENERALI

NOMINATIVO:

via n.

n. Piani

n. camere; n. POSTI LETTO.....; n. uffici

piscina [si/no]: riscaldata; NON riscaldata

SPA [si/no] ; dotazione SPA:

connessione internet: nessuna; spazi comuni; tutte le stanze

Pareti	con termico	isolante □	senza termico	isolante □	spessore totale cm:
tetto/piano terra	con termico	isolante □	senza termico	isolante □	tipo isolante, se noto:
vetro finestre	singolo	□	doppio	□	
telaio finestre	PVC	□	legno	□	Alluminio: -con taglio termico <input type="checkbox"/>
			legno/PVC	□	- senza taglio termico <input type="checkbox"/>

IMPIANTO ACQUA CALDA SANITARIA

n.....scaldabagno GPL elettrico litri:; anno di installazione.....

n.....scaldabagno GPL elettrico litri:; anno di installazione.....

FONTI RINNOVABILI

Solare termico:(m²) Fotovoltaico:(kW)

per produzione acqua calda Orientamento:

per riscaldamento Tipologia:

RISCALDAMENTO

Impianti singoli in ogni stanza

stufa GPL

Impianto centralizzato

n..... caldaia pellet, anno di installazione.....

n..... caldaia GPL, anno di installazione.....

POMPA DI CALORE

Impianti singoli in ogni stanza

uso estivo e invernale totale BTU/h.....

n. di elementi interni:

Impianto centralizzato

anno di installazione:

n. di elementi esterni:

ALTRO TIPO DI IMPIANTO

DATI ELETTRICI					
Alimentazione	MT []	BT Monofase []	BT Trifase []	Potenza contrattuale kW

APPARECCHIATURE ELETTRICHE PRINCIPALI

SPAZI COMUNI					
--------------	--	--	--	--	--

TIPO	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni	
FORNO		incandescenza			
TV		LED			
VENTILATORI		neon			
PC		alogene			
STAMPANTE					
POMPE DI SOLLEVAMENTO					
ANGOLO COTTURA	gas <input type="checkbox"/>	elettrica <input type="checkbox"/>	induzione <input type="checkbox"/>	autoclave (si/no):CV
ALTRO					

RISTORANTE					
------------	--	--	--	--	--

Tipo	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni	
VENTILAZIONE/CAPPA		incandescenza			
FRIGO CONGELATORI		LED			
VENTILATORI		neon			
FRY-TOP		alogene			
FRIGGITRICE					
ABBATTITORE					
FORNELLI	gas <input type="checkbox"/>	elettrica <input type="checkbox"/>	induzione <input type="checkbox"/>	autoclave (si/no):CV
ALTRO					

UFFICIO TIPO					
--------------	--	--	--	--	--

TIPO	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni	
PC		incandescenza			
STAMPANTE		LED			
FOTOCOPIATRICE		neon			
VENTILATORI		alogene			
RACK		...			
ALTRO					

CAMERA TIPO					
-------------	--	--	--	--	--

Tipo	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni	
FRIGOBAR		incandescenza			
TV		LED			
BOLLITORE		neon			
VENTILATORI		alogene			
ANGOLO COTTURA	gas <input type="checkbox"/>	elettrica <input type="checkbox"/>		induzione <input type="checkbox"/>	
ALTRO					

SISTEMI DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO (BAC/TBM)

tipo	Presente	Tipo	Numero elementi controllati
Gestione luci	SI [] NO []		
Gestione tapparelle	SI [] NO []		
Gestione impianto termico e climatizzazione (termostato o altro)	SI [] NO []		
Allarmi	SI [] NO []		
altro	SI [] NO []		

Il/La Sottoscritto/a _____ nato a _____ il _____
e residente in _____ proprietario della struttura alberghiera
_____ con sede in _____.

- autorizza S.EL.I.S. a fornire i dati orari di consumo per la propria utenza
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università degli Studi di Palermo ad effettuare il monitoraggio dei propri consumi
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università di Palermo ad effettuare un sopralluogo
- fornisce copia delle bollette per l'energia elettrica per il 2015

NB I DATI FORNITI SARANNO ELABORATI E PUBBLICATI IN FORMA ANONIMA

Lì, ____/____/____

(firma)

ATTIVITA' COMMERCIALI
DATI GENERALI

INDIRIZZO: via.....N.....

n. Piani.....

superficie magazzini, rimesse e similari (m²):

superficie adibita alla vendita (m²):.....

numero uffici:; superficie uffici (m²):

Tipo di attività:

connessione internet [si/no]:

pareti	con termico isolante <input type="checkbox"/>	senza termico isolante <input type="checkbox"/>	spessore totale cm:
tetto/piano terra	con termico isolante <input type="checkbox"/>	senza termico isolante <input type="checkbox"/>	tipo isolante, se noto:
vetro finestre	singolo <input type="checkbox"/>	doppio <input type="checkbox"/>	
telaio finestre	PVC <input type="checkbox"/>	legno <input type="checkbox"/>	Alluminio: <input type="checkbox"/>
		legno/PVC <input type="checkbox"/>	-con taglio termico <input type="checkbox"/>
			- senza taglio termico <input type="checkbox"/>

IMPIANTO ACQUA CALDA SANITARIA
scaldabagno GPL elettrico litri:; anno di installazione.....

FONTI RINNOVABILI
Solare termico:(m²) Fotovoltaico:(kW)
per produzione acqua calda Orientamento:
per riscaldamento Tipologia:

RISCALDAMENTO
Impianti singoli in ogni stanza Impianto centralizzato
stufa GPL n..... caldaia pellet, anno di installazione.....
n..... caldaia GPL, anno di installazione.....

POMPA DI CALORE
uso estivo e invernale totale BTU/h..... anno di installazione:
n. di elementi interni: n. di elementi esterni:

ALTRO TIPO DI IMPIANTO

DATI ELETTRICI

Alimentazione MT [] BT Monofase [] BT Trifase [] **Potenza contrattuale** kW

APPARECCHIATURE ELETTRICHE PRINCIPALI

TIPO	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni
PC		incandescenza		
STAMPANTE		LED		
FOTOCOPIATRICE		neon		
VENTILATORI		alogene		
FRIGO CONGELATORI		...		
INSEGNE COMMERCIALI		...		
Altro:				
Altro:				
Altro:				
Altro:				
Altro:				
Altro:				

SISTEMI DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO (BAC/TBM)

tipo	Presente	Tipo	Numero elementi controllati
Gestione luci	SI [] NO []		
Gestione tapparelle	SI [] NO []		
Gestione impianto termico e climatizzazione (termostato o altro)	SI [] NO []		
Allarmi	SI [] NO []		
altro:	SI [] NO []		
altro:	SI [] NO []		

Il/La Sottoscritto/a _____ nato a _____ il _____
e residente in _____ proprietario della ditta/società
_____ con sede in _____.

- autorizza S.E.L.I.S. a fornire i dati orari di consumo per la propria utenza
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università degli Studi di Palermo ad effettuare il monitoraggio dei propri consumi
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università di Palermo ad effettuare un sopralluogo
- fornisce copia delle bollette per l'energia elettrica per il 2015

NB I DATI FORNITI SARANNO ELABORATI E PUBBLICATI IN FORMA ANONIMA

Lì, ___/___/_____
(firma)

UFFICI
DATI GENERALI

INDIRIZZO: via.....N.....

n. Piani.....

superficie magazzini, rimesse e similari (m²):.....

superficie adibita ad ufficio (m²):.....

Tipo di attività:

connessione internet [si/no]:

pareti	con termico	isolante	<input type="checkbox"/>	senza termico	isolante	<input type="checkbox"/>	spessore totale cm:
	tetto/piano terra	con termico	isolante	<input type="checkbox"/>	senza termico	isolante	
vetro finestre	singolo			doppio			Alluminio:
	telaio finestre	PVC			legno		
			legno/PVC			- senza taglio termico <input type="checkbox"/>	

IMPIANTO ACQUA CALDA SANITARIA

scaldabagno GPL elettrico litri:; anno di installazione.....

FONTI RINNOVABILI

Solare termico:(m²) Fotovoltaico:(kW)

per produzione acqua calda Orientamento:

per riscaldamento Tipologia:

RISCALDAMENTO

Impianti singoli in ogni stanza Impianto centralizzato

stufa GPL n..... caldaia pellet, anno di installazione.....

n..... caldaia GPL, anno di installazione.....

POMPA DI CALORE

uso estivo e invernale totale BTU/h..... anno di installazione:

n. di elementi interni: n. di elementi esterni:

ALTRO TIPO DI IMPIANTO

DATI ELETTRICI

Alimentazione MT [] BT Monofase [] BT Trifase [] **Potenza contrattuale** kW

APPARECCHIATURE ELETTRICHE PRINCIPALI

TIPO	numero	lampade tipologia	numero in spazi interni	numero in spazi esterni
PC		incandescenza		
STAMPANTE		LED		
FOTOCOPIATRICE		neon		
VENTILATORI		alogene		
FRIGO CONGELATORI		...		
INSEGNE COMMERCIALI		...		
RACK				
Altro:				
Altro:				
Altro:				
Altro:				
Altro:				

SISTEMI DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO (BAC/TBM)

tipo	Presente	Tipo	Numero elementi controllati
Gestione luci	SI [] NO []		
Gestione tapparelle	SI [] NO []		
Gestione impianto termico e climatizzazione (termostato o altro)	SI [] NO []		
Allarmi	SI [] NO []		
altro:	SI [] NO []		
altro:	SI [] NO []		
altro:	SI [] NO []		
altro:	SI [] NO []		

Il/La Sottoscritto/a _____ nato a _____ il _____
 e residente in _____ proprietario della ditta/società
 _____ con sede in _____.

- autorizza S.EL.I.S. a fornire i dati orari di consumo per la propria utenza
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università degli Studi di Palermo ad effettuare il monitoraggio dei propri consumi
- autorizza i ricercatori dell'Enea e dell'Università di Palermo ad effettuare un sopralluogo
- fornisce copia delle bollette per l'energia elettrica per il 2015

NB I DATI FORNITI SARANNO ELABORATI E PUBBLICATI IN FORMA ANONIMA

Lì, ____/____/_____
 (firma)

12 Appendice 2 – Computi metrici estimativi

Abitazione - Soluzione 1

Nr. Ord.	CODICE	DESCRIZIONE	Quantità		IMPORTI	
			Par.ug		unitario	TOTALE
1	SMARTMETER1	Fornitura, trasporto e posa in opera di smart meter digitale modulare da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Nel quadro automazione	2,00	2,00		
		SOMMANO cadauno		2,00	308,44	616,88
2	WEBSERV1	Fornitura, trasporto e posa in opera di Webserver modulare da barra DIN per gestione del sistema tramite smartphone all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	1380,17	1380,17
3	ATT4U1	Fornitura, trasporto e posa in opera di Attuatore/interruttore modulare con n.4 uscite per comando carichi elettrici fino a 16A da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Nel quadro automazione	2,00	2,00		
		SOMMANO cadauno		2,00	379,50	759,00
4	INTKNX1	Fornitura, trasporto e posa in opera di modulo di interfaccia KNX adatto a generare la tensione bus necessaria ad alimentare una linea di dispositivi modulare da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	219,01	219,01

5	TSDISP1	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di display touch screen 'intelligente' che raccoglie le informazioni provenienti da apparecchi collegati o tramite rete Ethernet o tramite rete modbus seriale. Compreso l'attestazione delle linee, gli accessori per il fissaggio, le linee di collegamento e le relative tubazioni, l'incidenza delle cassette di derivazione e delle opere murarie e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI: Da installare a parete</p>	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	1878,35	1878,35
6	ALMOD1	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di alimentatore per installazione all'interno di quadro elettrico su guida DIN. 230V-24V. Assorbimento 30W. Da installare all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI: Nel quadro automazione</p>	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	108,38	108,38
7	SENSL	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di sensore fotoelettrico per rilevamento di presenza e di illuminamento, regolabile e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI: Uno per stanza</p>	4,00	4,00		
		SOMMANO al m		4,00	196,88	787,50
8	14.04.04.01	<p>Interruttore automatico magnetotermico, potere di interruzione pari a 6 kA, curva C, idoneo all'installazione su guida DIN, conforme alla norma CEI EN 60898, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 6 a 32 A</p> <p>MISURAZIONI: Protezione dispositivi automazione</p>	3,00	3,00		
		SOMMANO al m		3,00	47,20	141,60
9	14.04.02.04	<p>Quadro elettrico da parete in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP55, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettieria. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti e ogni altro onere o</p>				

		accessorio. Dimensione 24 moduli DIN				
		MISURAZIONI:				
		Involucro quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO al m		1,00	92,00	92,00
10	14.03.02.01	Fornitura e posa in opera di tubi di materiale termoplastico autoestinguente a base di PVC, del tipo rigido piegabile a freddo, posti a vista, in tutto conformi alle norme CEI serie media, resistenza allo schiacciamento minimo di 750 N, compresi gli accessori di fissaggio, le curve, i raccordi, le cassette di derivazione a vista, complete di coperchio ed eventuale setto separatore, e di ogni altro onere. Grado di protezione minimo IP 44. Diametro esterno 20,0 mm				
		MISURAZIONI:				
		Per collegamento quadro elettrico generale e quadro automazione.	1,00	1,00		
		SOMMANO cad.		1,00	5,22	5,22
11	14.03.07.02	Cassetta di derivazione in materiale termoplastico, completa di coperchio con grado di protezione IP55, in opera a parete, compresi gli accessori di fissaggio e quelli necessari per mantenere il grado di protezione, nonché ogni altro onere. Dimensione 150x110x70 mm				
		MISURAZIONI:				
		Per partenza linee verso utenze	1,00	1,00		
		SOMMANO cad.		1,00	12,50	12,50
12	14.01.11.01	Punto presa di corrente bipasso 2x10/16 A, realizzato con linea in tubazione sottotraccia a partire dalla cassetta di derivazione del locale, questa inclusa, in tubi di materiale termoplastico autoestinguente del tipo pieghevole del diametro esterno pari a mm 25; cassetta di derivazione ad incasso di dimensioni adeguate e completa di coperchio in materiale termoplastico autoestinguente, fili conduttori in rame con rivestimento termoplastico tipo N07V-K, presa di corrente di sicurezza bipasso 2x10/16 A con un polo di terra e alveoli di fase schermati, standard italiano tipo P17/11, completo di supporto, copri foro, placca in materiale termoplastico di colore a scelta della D.L. (tra almeno 5 colori), installata entro scatola rettangolare ad incasso per tre moduli di serie civile. Comprese le tracce ed il loro successivo ricoprimento con malta cementizia, la morsetteria, la minuteria, i collegamenti elettrici ed ogni altro onere. Conduttori sezione 2,5 mm ²				
		MISURAZIONI:				
		Per alimentazione carichi comandati	4,00	4,00		
		SOMMANO cad.		4,00	40,10	160,40
					Sommano	€ 6.161,01
					Arrotondato	€ 6.200,00

Abitazione - Soluzione 2

Nr. Ord.	CODICE	DESCRIZIONE	Par.ug	Quantità	IMPORTI	
					unitario	TOTALE
1	SMARTMETER1	Fornitura, trasporto e posa in opera di smart meter digitale modulare da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Nel quadro automazione	2,00	2,00		
		SOMMANO cadauno		2,00	308,44	616,88
2	WEBSERV1	Fornitura, trasporto e posa in opera di Webserver modulare da barra DIN per gestione del sistema tramite smartphone all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	1380,17	1380,17
3	ATT4U1	Fornitura, trasporto e posa in opera di Attuatore/interruttore modulare con n.4 uscite per comando carichi elettrici fino a 16A da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Nel quadro automazione	2,00	2,00		
		SOMMANO cadauno		2,00	379,50	759,00
4	SENSL	Fornitura, trasporto e posa in opera di sensore fotoelettrico per rilevamento di presenza e di illuminamento, regolabile e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Uno per stanza	4,00	4,00		
		SOMMANO al m		4,00	196,88	787,50
5	INTKNX1	Fornitura, trasporto e posa in opera di modulo di interfaccia KNX adatto a generare la tensione bus necessaria ad alimentare una linea di dispositivi modulare da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a				

		perfetta regola d'arte.				
		MISURAZIONI: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	219,01	219,01
6	ALMOD1	Fornitura, trasporto e posa in opera di alimentatore per installazione all'interno di quadro elettrico su guida DIN. 230V-24V. Assorbimento 30W. Da installare all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.				
		MISURAZIONI: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	108,38	108,38
7	14.04.04.01	Interruttore automatico magnetotermico, potere di interruzione pari a 6 kA, curva C, idoneo all'installazione su guida DIN, conforme alla norma CEI EN 60898, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 6 a 32 A				
		MISURAZIONI: Protezione dispositivi automazione	3,00	3,00		
		SOMMANO al m		3,00	47,20	141,60
8	14.04.02.04	Quadro elettrico da parete in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP55, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettiera. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti e ogni altro onere o accessorio. Dimensione 24 moduli DIN				
		MISURAZIONI: Involucro quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO al m		1,00	92,00	92,00

9	14.03.02.01	Fornitura e posa in opera di tubi di materiale termoplastico autoestinguente a base di PVC, del tipo rigido piegabile a freddo, posti a vista, in tutto conformi alle norme CEI serie media, resistenza allo schiacciamento minimo di 750 N, compresi gli accessori di fissaggio, le curve, i raccordi, le cassette di derivazione a vista, complete di coperchio ed eventuale setto separatore, e di ogni altro onere. Grado di protezione minimo IP 44. Diametro esterno 20,0 mm MISURAZIONI: Per collegamento quadro elettrico generale e quadro automazione.	2,00	2,00		
		SOMMANO cad.		2,00	5,22	10,44
10	14.03.07.02	Cassetta di derivazione in materiale termoplastico, completa di coperchio con grado di protezione IP55, in opera a parete, compresi gli accessori di fissaggio e quelli necessari per mantenere il grado di protezione, nonché ogni altro onere. Dimensione 150x110x70 mm MISURAZIONI: Per partenza linee verso utenze	1,00	1,00		
		SOMMANO cad.		1,00	12,50	12,50
11	14.01.11.01	Punto presa di corrente bipasso 2x10/16 A, realizzato con linea in tubazione sottotraccia a partire dalla cassetta di derivazione del locale, questa inclusa, in tubi di materiale termoplastico autoestinguente del tipo pieghevole del diametro esterno pari a mm 25; cassetta di derivazione ad incasso di dimensioni adeguate e completa di coperchio in materiale termoplastico autoestinguente, fili conduttori in rame con rivestimento termoplastico tipo N07V-K, presa di corrente di sicurezza bipasso 2x10/16 A con un polo di terra e alveoli di fase schermati, standard italiano tipo P17/11, completo di supporto, copri foro, placca in materiale termoplastico di colore a scelta della D.L. (tra almeno 5 colori), installata entro scatola rettangolare ad incasso per tre moduli di serie civile. Compresa le tracce ed il loro successivo ricoprimento con malta cementizia, la morsetteria, la minuteria, i collegamenti elettrici ed ogni altro onere. Conduttori sezione 2,5 mm ² MISURAZIONI: Per alimentazione carichi comandati	4,00	4,00		
		SOMMANO cad.		4,00	40,10	160,40
Sommano						€ 4.287,88
Arrotondato						€ 4.300,00

Abitazione - Soluzione 3

Nr. Ord.	CODICE	DESCRIZIONE	Par.ug	Quantità	IMPORTI	
					unitario	TOTALE
1	SMARTMETER1	Fornitura, trasporto e posa in opera di smart meter digitale modulare da barra DIN all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Nel quadro automazione	2,00	2,00		
		SOMMANO cadauno		2,00	308,44	616,88
2	SMLINKETH	Fornitura, trasporto e posa in opera di smartlink ethernet da quadro elettrico. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	349,13	349,13
3	ATT1U1	Fornitura, trasporto e posa in opera di contattore In=25A completo di ausiliario di comando e di elemento per collegamento a sistema ModBus o bus KNX, su quadro elettrico già predisposto o all'interno di apposita cassetta equipaggiata con barra DIN. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Nel quadro automazione	8,00	8,00		
		SOMMANO cadauno		8,00	175,27	1402,13
4	TSDISP1	Fornitura, trasporto e posa in opera di display touch screen 'intelligente' che raccoglie le informazioni provenienti da apparecchi collegati o tramite rete Ethernet o tramite rete modbus seriale. Compreso l'attestazione delle linee, gli accessori per il fissaggio, le linee di collegamento e le relative tubazioni, l'incidenza delle cassette di derivazione e delle opere murarie e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. MISURAZIONI: Da installare a parete	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	1878,35	1878,35
5	ALMOD1	Fornitura, trasporto e posa in opera di alimentatore per installazione all'interno di quadro elettrico su guida DIN. 230V-24V. Assorbimento 30W. Da installare all'interno di quadro elettrico già predisposto e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.				

		MISURAZIONI: Nel quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO cadauno		1,00	108,38	108,38
6	14.04.04.01	Interruttore automatico magnetotermico, potere di interruzione pari a 6 kA, curva C, idoneo all'installazione su guida DIN, conforme alla norma CEI EN 60898, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 6 a 32 A				
		MISURAZIONI: Protezione dispositivi automazione	3,00	3,00		
		SOMMANO al m		3,00	47,20	141,60
7	SENSL	Fornitura, trasporto e posa in opera di sensore fotoelettrico per rilevamento di presenza e di illuminamento, regolabile e idoneo per sistemi di building automation conformi a standard KNX. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.				
		MISURAZIONI: Uno per stanza	4,00	4,00		
		SOMMANO al m		4,00	222,09	888,38
8	14.04.02.04	Quadro elettrico da parete in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP55, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettiera. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti e ogni altro onere o accessorio. Dimensione 24 moduli DIN				
		MISURAZIONI: Involucro quadro automazione	1,00	1,00		
		SOMMANO al m		1,00	92,00	92,00
9	14.03.02.01	Fornitura e posa in opera di tubi di materiale termoplastico autoestinguente a base di PVC, del tipo rigido piegabile a freddo, posti a vista, in tutto conformi alle norme CEI serie media, resistenza allo schiacciamento minimo di 750 N, compresi gli accessori di fissaggio, le curve, i raccordi, le cassette di derivazione a vista, complete di coperchio ed eventuale setto separatore, e di ogni altro onere. Grado di protezione minimo IP 44. Diametro esterno 20,0 mm				
		MISURAZIONI: Per collegamento quadro elettrico generale e quadro automazione.	1,00	1,00		
		SOMMANO cad.		1,00	5,22	5,22

10	14.03.07.02	<p>Cassetta di derivazione in materiale termoplastico, completa di coperchio con grado di protezione IP55, in opera a parete, compresi gli accessori di fissaggio e quelli necessari per mantenere il grado di protezione, nonché ogni altro onere. Dimensione 150x110x70 mm</p> <p>MISURAZIONI: Per partenza linee verso utenze</p>	1,00	1,00			
		SOMMANO cad.		1,00	12,50	12,50	
11	14.01.11.01	<p>Punto presa di corrente bipasso 2x10/16 A, realizzato con linea in tubazione sottotraccia a partire dalla cassetta di derivazione del locale, questa inclusa, in tubi di materiale termoplastico autoestinguento del tipo pieghevole del diametro esterno pari a mm 25; cassetta di derivazione ad incasso di dimensioni adeguate e completa di coperchio in materiale termoplastico autoestinguento, fili conduttori in rame con rivestimento termoplastico tipo N07V-K, presa di corrente di sicurezza bipasso 2x10/16 A con un polo di terra e alveoli di fase schermati, standard italiano tipo P17/11, completo di supporto, copri foro, placca in materiale termoplastico di colore a scelta della D.L. (tra almeno 5 colori), installata entro scatola rettangolare ad incasso per tre moduli di serie civile. Comprese le tracce ed il loro successivo ricoprimento con malta cementizia, la morsetteria, la minuteria, i collegamenti elettrici ed ogni altro onere. Conduttori sezione 2,5 mm²</p> <p>MISURAZIONI: Per alimentazione carichi comandati</p>	4,00	4,00			
		SOMMANO cad.		4,00	40,10	160,40	
Sommano						€	5.654,97
Arrotondato						€	5.700,00

Albergo - Soluzione 1

Nr. Ord.	CODICE	DESCRIZIONE	Quantità		IMPORTI	
			Par.ug		unitario	TOTALE
1	CENTRALE	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di centrale gestionale in rack 19", completa di alimentatore. Configurazione per il controllo delle centraline di camera. Possibilità di connessione a rete LAN tramite presa RJ45. Compreso il software gestionale, il dispositivo per la programmazione dei badge, l'incidenza di tutti i collegamenti, cavi, connettori e ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa, funzionante e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI:</p> <p>Nella reception</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO cadauno</p>	1,00	1,00		
				1,00	9073,75	9073,75
2	CENTROOM	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di centrale di controllo camera con n.6 uscite minimo per funzionamento in rete, da collegare per mezzo di presa RJ45 già predisposta, alla rete di cablaggio strutturato dell'edificio. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI:</p> <p>Per ogni camera</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO cadauno</p>	23,00	23,00		
				23,00	606,50	13949,50
3	LETTBADGE	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di lettore di badge esterno. Compreso scatola da incasso a tre posti, placca a tre posti e supporto a tre posti. Compreso la realizzazione della traccia e della linea di collegamento in tubazione incassata flessibile FK-15 DN20 entro muratura, fino alla centrale di controllo camera. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso, l'incidenza delle opere murarie, delle cassette di derivazione, delle dorsali e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI:</p> <p>Per ogni camera</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO cadauno</p>	23,00	23,00		
				23,00	215,25	4950,75
4	PORTBADGE	<p>Fornitura, trasporto e posa in opera di tasca porta badge interna. Compreso scatola da incasso a tre posti, placca a tre posti e supporto a tre posti. Compreso la realizzazione della traccia e della linea di collegamento in tubazione incassata flessibile FK-15 DN20 entro muratura, fino alla centrale di controllo camera. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso, l'incidenza delle opere murarie, delle cassette di derivazione, delle dorsali e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte.</p> <p>MISURAZIONI:</p> <p>Per ogni camera</p>	23,00	23,00		

		SOMMANO cadauno		23,00	209,00	4807,00
5	CMAGN	Fornitura ed installazione in infisso esistente di contatto magnetico per segnalazione apertura/chiusura infisso. Compreso la realizzazione della traccia e della linea di collegamento in tubazione incassata flessibile FK-15 DN20 entro muratura, fino alla centrale di controllo camera. Compreso l'attestazione delle linee alla centrale, l'incidenza delle opere murarie, delle modifiche all'infisso, delle cassette di derivazione, delle dorsali e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Per ogni porta e finestra di camera	46,00	46,00		
		SOMMANO cadauno		46,00	158,33	7282,95
6	14.04.01.03	Quadro elettrico da incasso in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP40, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettiera. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti, l'apertura delle tracce ed il successivo ricoprimento con malta cementizia, e ogni altro onere o accessorio. Dimensione 12 moduli DIN M I S U R A Z I O N I: Involucro controllore di camera	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	49,20	1131,60
7	14.04.01.04	Quadro elettrico da incasso in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP40, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettiera. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti, l'apertura delle tracce ed il successivo ricoprimento con malta cementizia, e ogni altro onere o accessorio. Dimensione 18 moduli DIN M I S U R A Z I O N I: Involucro centralino elettrico di camera	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	74,70	1718,10
8	14.04.03.01	Interruttore automatico magnetotermico, potere di interruzione pari a 4,5 kA, curva C, idoneo all'installazione su guida DIN, conforme alla norma CEI EN 60898, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 6 a 32 A M I S U R A Z I O N I: N.3 Per ogni camere	69,00	69,00		

		SOMMANO al m		69,00	40,50	2794,50
9	DIFFPUR10	Interruttore differenziale puro da 10mA, idoneo all'installazione su guida DIN, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 25 A MISURAZIONI: Per ogni camera	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	182,05	4187,12
10	DIFFPUR30	Interruttore differenziale puro da 30mA, idoneo all'installazione su guida DIN, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 25 A MISURAZIONI: Per ogni camera	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	69,00	1586,94
11	CONT20A	Contattore con bobina a 230V, idoneo all'installazione su guida DIN, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 20 A MISURAZIONI: Per ogni camera	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	59,21	1361,83
12	14.03.01.01	Fornitura e posa in opera di tubi di materiale termoplastico autoestinguente del tipo pieghevole posti sottotraccia in tutto conformi alle norme CEI serie pesante, resistenza allo schiacciamento minimo di 750 N, compresa l'apertura delle tracce, il fissaggio provvisorio con chiodi, la ricopertura delle tracce con malta cementizia, compreso altresì l'onere delle cassette di derivazione, complete di coperchio ed eventuale separatore, e di ogni altro onere. Diametro esterno 20,0 mm MISURAZIONI: Per collegamenti vari tra i componenti del sistema (stima 35 m per camera)	805,00	805,00		
		SOMMANO cad.		805,00	3,96 5,22	4202,10

13	14.03.06.03	Cassetta di derivazione in materiale termoplastico, completa di coperchio in materiale termoplastico autoestinguente, in opera sottotraccia, compresa l'apertura delle tracce ed il loro successivo ricoprimento con malta cementizia e ogni altro onere. Dimensione 154x92x70 mm					
		MISURAZIONI: N.2 per camera	46,00	46,00			
		SOMMANO cad.		46,00	9,86		453,56
14	CAN100	Fornitura, trasporto e posa in opera di canale in PVC portacavi di dimensioni 100x50mm minimo con coperchio. Compreso l'incidenza delle staffe o supporti e dei pezzi speciali e di ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa, funzionante e realizzata a perfetta regola d'arte.					
		MISURAZIONI: Stima (20m per piano)	40,00	40,00			
		SOMMANO cad.		40,00	25,00		1000,00
15	SWITCH12P	Fornitura, trasporto e posa in opera, entro rack predisposto di n.1 switch TCP-IP a 12 porte. Compreso gli accessori, l'esecuzione dell'alimentazione, il collegamento di tutti i cavi in ingresso ed in uscita ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa, realizzata a perfetta regola d'arte e nel rispetto delle norme vigenti.					
		MISURAZIONI: N.1 per piano	2,00	2,00			
		SOMMANO cad.		2,00	700,00		1400,00
16	PUNTO.RJ45	Realizzazione di punto presa RJ45 costituito da: - linea in cavo twistato a 4 coppie UTP da rack di piano fino alla presa RJ44 cat 6 questa inclusa; - scatola, supporto, placca a tre posti e coprifori. La linea sarà passata entro canale dati già predisposto. Compreso ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa, funzionante e realizzata a perfetta regola d'arte.					
		MISURAZIONI: N.1 per camera	23,00	23,00			
		SOMMANO cad.		23,00	90,00		2070,00
						Sommano	€ 61.969,70
						Arrotondato	€ 62.000,00

Albergo - Soluzione 2

Nr. Ord.	CODICE	DESCRIZIONE	Par.ug	Quantità	IMPORTI	
					unitario	TOTALE
1	CENTROOMSO	Fornitura, trasporto e posa in opera di centrale di controllo camera con n.6 uscite minimo per funzionamento stand-alone. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Per ogni camera	23,00	23,00		
		SOMMANO cadauno		23,00	496,25	11413,75
2	LETTBADGE	Fornitura, trasporto e posa in opera di lettore di badge esterno. Compreso scatola da incasso a tre posti, placca a tre posti e supporto a tre posti. Compreso la realizzazione della traccia e della linea di collegamento in tubazione incassata flessibile FK-15 DN20 entro muratura, fino alla centrale di controllo camera. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso, l'incidenza delle opere murarie, delle cassette di derivazione, delle dorsali e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Per ogni camera	23,00	23,00		
		SOMMANO cadauno		23,00	215,25	4950,75
3	PORTBADGE	Fornitura, trasporto e posa in opera di tasca porta badge interna. Compreso scatola da incasso a tre posti, placca a tre posti e supporto a tre posti. Compreso la realizzazione della traccia e della linea di collegamento in tubazione incassata flessibile FK-15 DN20 entro muratura, fino alla centrale di controllo camera. Compreso l'attestazione delle linee ai morsetti di uscita e di ingresso, l'incidenza delle opere murarie, delle cassette di derivazione, delle dorsali e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Per ogni camera	23,00	23,00		
		SOMMANO cadauno		23,00	209,00	4807,00
4	CMAGN	Fornitura ed installazione in infisso esistente di contatto magnetico per segnalazione apertura/chiusura infisso. Compreso la realizzazione della traccia e della linea di collegamento in tubazione incassata flessibile FK-15 DN20 entro muratura, fino alla centrale di controllo camera. Compreso l'attestazione delle linee alla centrale, l'incidenza delle opere murarie, delle modifiche all'infisso, delle cassette di derivazione, delle dorsali e ogni altro onere, lavorazione e accessorio per dare l'opera completa e realizzata a perfetta regola d'arte. M I S U R A Z I O N I: Per ogni porta e finestra di camera	46,00	46,00		

		SOMMANO cadauno		46,00	158,33	7282,95
5	14.04.01.03	<p>Quadro elettrico da incasso in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP40, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettiera. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti, l'apertura delle tracce ed il successivo ricoprimento con malta cementizia, e ogni altro onere o accessorio. Dimensione 12 moduli DIN</p> <p>MISURAZIONI: Involucro controllore di camera</p>	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	49,20	1131,60
6	14.04.01.04	<p>Quadro elettrico da incasso in materiale isolante, conforme alla norma CEI 23-51, grado di protezione IP40, completo di portello trasparente/fumè, guide DIN, pannelli ciechi e forati, copri foro, barra equipotenziale e morsettiera. Completo di certificazione e schemi elettrici. Sono compresi gli accessori di montaggio, le targhette di identificazione dei circuiti, l'apertura delle tracce ed il successivo ricoprimento con malta cementizia, e ogni altro onere o accessorio. Dimensione 18 moduli DIN</p> <p>MISURAZIONI: Involucro centralino elettrico di camera</p>	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	74,70	1718,10
7	14.04.03.01	<p>Interruttore automatico magnetotermico, potere di interruzione pari a 4,5 kA, curva C, idoneo all'installazione su guida DIN, conforme alla norma CEI EN 60898, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 6 a 32 A</p> <p>MISURAZIONI: N.3 Per ogni camere</p>	69,00	69,00		
		SOMMANO al m		69,00	40,50	2794,50
8	DIFFPUR10	<p>Interruttore differenziale puro da 10mA, idoneo all'installazione su guida DIN, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 25 A</p> <p>MISURAZIONI: Per ogni camere</p>	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	182,05	4187,12

9	DIFFPUR30	<p>Interruttore differenziale puro da 30mA, idoneo all'installazione su guida DIN, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 25 A</p> <p>MISURAZIONI: Per ogni camera</p>	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	69,00	1586,94
10	CONT20A	<p>Contattore con bobina a 230V, idoneo all'installazione su guida DIN, marchio IMQ, in opera all'interno di quadro elettrico già predisposto, completo di tutti gli accessori necessari per il cablaggio dello stesso nel rispetto delle norme CEI, fornito di tutte le relative certificazioni e dello schema elettrico. Inclusi i morsetti elettrici di collegamento, la minuteria, gli elementi segna cavo e ogni altro onere per dare lo stesso perfettamente funzionante. 1P+N In da 20 A</p> <p>MISURAZIONI: Per ogni camera</p>	23,00	23,00		
		SOMMANO al m		23,00	59,21	1361,83
11	14.03.01.01	<p>Fornitura e posa in opera di tubi di materiale termoplastico autoestinguente del tipo pieghevole posti sottotraccia in tutto conformi alle norme CEI serie pesante, resistenza allo schiacciamento minimo di 750 N, compresa l'apertura delle tracce, il fissaggio provvisorio con chiodi, la ricopertura delle tracce con malta cementizia, compreso altresì l'onere delle cassette di derivazione, complete di coperchio ed eventuale separatore, e di ogni altro onere. Diametro esterno 20,0 mm</p> <p>MISURAZIONI: Per collegamenti vari tra i componenti del sistema (stima 35 m per camera)</p>	805,00	805,00		
		SOMMANO cad.		805,00	3,96 5,22	4202,10
12	14.03.06.03	<p>Cassetta di derivazione in materiale termoplastico, completa di coperchio in materiale termoplastico autoestinguente, in opera sottotraccia, compresa l'apertura delle tracce ed il loro successivo ricoprimento con malta cementizia e ogni altro onere. Dimensione 154x92x70 mm</p> <p>MISURAZIONI: N.2 per camera</p>	46,00	46,00		
		SOMMANO cad.		46,00	9,86	453,56
Sommano € 45.890,20						
Arrotondato € 45.900,00						

13 Abbreviazioni ed acronimi

ACS	Acqua Calda Sanitaria
AEEGSI	Autorità per l’Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico
AFS	Acqua Fredda Sanitaria
BAC	Building Automation and Control
BIPV	Building Integrated Photovoltaic
BIPVT	Building integrated Photovoltaic & Thermal
BMS	Building Management System
BT	Bassa Tensione
BTU	British Thermal Unit
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
CO	Conservazione
DC	Data Collector
DR	Demand Response
DSO	Distribution System Operator
DSS	Decision Support Systems
EMS	Energy Management System
FLEX	Flessibile
FV	Fotovoltaico
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HVAC	Heating Ventilation Air Conditioning
KNX	Konnex
ICT	Information and Communication Technologies
IEC	International Electrotechnical Committee
ITU	International Telecommunications Union
LAN	Local Area Network
MC	Main Controller
MGCC	Micro Grid Central Controller
MT	Media Tensione
NAN	Neighborhood Area Network
NOFLEX	Non flessibile
PAN	Personal Area Network
PdC	Pompa di Calore
PLC	Power Line Communication
POD	Point Of Delivery
PV	Photovoltaic
RE	Recupero ambientale e paesaggistico
RI	Ripristino
TBM	Technical Building Management
TCS	Tutela dei Centri Storici
TPA	Tutela del Paesaggio Agrario
TV	Tutela e valorizzazione dei siti di rilevante interesse paesaggistico ambientale
UTP	Unshielded Twisted Pairvia
VIA	Valutazione d’impatto ambientale
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

Riferimenti bibliografici

- [1] ISTAT, *Censimento popolazione e abitazioni-2011*, <http://dati-censimentopopolazione.istat.it>, cit. 19/06/2016
- [2] ISTAT, *Cittadini e nuove tecnologie*, Report Statistiche, dicembre 2014.
- [3] ISTAT, *Censimento industria e servizi-2011*, <http://dati-censimentoindustriaeservizi.istat.it>, cit. 19/06/2016
- [4] ISTAT, *Censimento agricoltura-2010*, <http://dati-censimentoagricoltura.istat.it>, cit. 19/06/2016
- [5] Osservatorio turistico della Provincia di Agrigento, *L'andamento del mercato turistico locale 2012-2013*, Report Turismo 2014.
- [6] Regione Siciliana-Assessorato al turismo, comunicazione e trasporti, *Alberghi di Sicilia. Vademecum della ricettività alberghiera ed extra-alberghiera in Sicilia*, 2005-2006.
- [7] Regione Siciliana-Assessorato dei beni culturali e dell'identità siciliana, Piano territoriale paesaggistico, isole Pelagie, in <http://www.regione.sicilia.it/beniculturali/dirbenicult/bca/ptpr/sitr.html>
- [8] Arta Sicilia, Piano di gestione "Isole Pelagie", in <http://www.regione.sicilia.it/beniculturali/dirbenicult/bca/ptpr/sitr.html>
- [9] Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Area marina protetta isole pelagie, in <http://www.minambiente.it/pagina/area-marina-protetta-isole-pelagie>
- [10] E. Garofalo, A. Gargiulo, E. Lembo, R. Marazzi, E. Rondena, D. Moneta, S. Guastella, O. Perego, D. Bertani, F. Paletta, *Sviluppo delle Fonti Energetiche Rinnovabili nelle Isole minori non interconnesse*, Report RSE, 2015
- [11] CNR IIA, Exalto - Energy&Innovation, ResNova Die, *Smart Island*, in <http://www.smartisland.eu/>, cit. 08/07/2016
- [12] M. Beccali, G. Leone, A. Piacentino, G. Ciulla, V. Lo Brano, A. Galatioto, M. Bonomolo, *Efficientamento energetico isole minori non connesse al sistema elettrico nazionale: stima del potenziale termico ai fini dello sviluppo di reti di teleriscaldamento e raffreddamento*, Report RdS/PAR2014/020
- [13] ISTAT, *L'Italia in 150 anni. Sommario di statistiche storiche 1861-2010*, cap 15. Avellino, 2011.
- [14] Regione Sicilia – Assessorato territorio e Ambiente – dip. Urbanistica, *Relazione sull'abusivismo edilizio e sullo stato di definizione delle istanze di sanatoria edilizia*, 2010.
- [15] Decreto del dirigente responsabile del servizio II, risorse minerarie ed energetiche, del dipartimento regionale industria n. 1158 del 4 agosto 2004, registrato presso l'Agenzia delle entrate di Palermo il 17 agosto 2004 al n. 10550, serie 3/A.
- [16] E. Garofalo, A. Gargiulo, E. Lembo, R. Marazzi, E. Rondena, D. Moneta, S. Guastella, O. Perego, D. Bertani, F. Paletta, *Sviluppo delle Fonti Energetiche Rinnovabili nelle Isole minori non interconnesse*, Rapporto RSE, Febbraio 2015.
- [17] V. Cataliotti, *Impianti Elettrici*, vol. 1, Flaccovio Editore, Palermo, 2000.
- [18] Norma CEI 0-21, *Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica*, Dicembre 2013.
- [19] Norma EN 15232, *Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management*, 2011.
- [20] Delibera 27/06/2007 AEEGSI 156/07: "Approvazione del Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione dei servizi di vendita dell'energia elettrica di maggior tutela e di salvaguardia ai clienti finali ai sensi del decreto legge 18 giugno 2007, n. 73/07".
- [21] AEEGSI, "Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas per l'erogazione dei servizi di vendita dell'energia elettrica di maggior tutela e di salvaguardia ai clienti finali ai sensi del decreto legge 18 giugno 2007 n. 73/07".
- [22] S. Favuzza, M.G. Ippolito, F. Massaro, G. Pecoraro, G. Zizzo, *A Bottom-Up Approach for the Evaluation of the Flexible Quota of Aggregated Loads*, Conferenza internazionale IEEE IEEEIC 2015, 10-13 Giugno 2015, Roma (Italia).

- [23] G. Pecoraro, S. Favuzza, M. G. Ippolito, G. Galioto, F. Massaro, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, *An algorithm for simulating end-user behaviour in a real time pricing market*, Conferenza internazionale IEEE EEEIC 2015, 10-13 Giugno 2015, Roma (Italia).
- [24] M.C. Munari Probst, C. Roecker, *Designing solar thermal systems for architectural integration. Criteria and guidelines for product and system developers*, Report T.41.A.3/1: IEA SHC Task 41
- [25] Solar Energy and Architecture, nov 2013. M.C. Munari Probst, C. Roecker e A. Scognamiglio, *Solar energy systems in architecture. Integration criteria and guidelines*. Report T.41.A.2: IEA SHC Task 41 Solar energy and Architecture, set 2012.
- [26] M.C. Munari Probst, C. Roecker, *Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST)*, Solar Energy 81 (2007) 1104–1116
- [27] <http://leso2.epfl.ch/solar/index.php?page=home>
- [28] Testo del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91 (in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 144 del 24 giugno 2014), coordinato con la legge di conversione 11 agosto 2014, n. 116 (in questo stesso Supplemento ordinario - alla pag. 1), recante: «Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea».
- [29] AEEGSI, Documento per la consultazione 598/2014/R/eel, *Orientamenti per la riforma delle integrazioni tariffarie per le imprese elettriche minori non interconnesse*.
- [30] Delibera 21/11/2014 AEEGSI 574/2014/R/eel: “Disposizioni relative all’integrazione dei sistemi di accumulo di energia elettrica nel sistema elettrico nazionale”.
- [31] Delibera 18/12/2014 AEEGSI 642/2014/R/eel: “Ulteriori disposizioni relative all’installazione e all’utilizzo dei sistemi di accumulo. Disposizioni relative all’applicazione delle Norme CEI 0-16 e CEI 0-21”.
- [32] Delibera 16/07/2015 AEEGSI 360/2015/R/eel: “Proroga in merito all’obbligatorietà dei ritardi nell’attivazione di alcune funzioni previste per la generazione distribuita”.
- [33] F. Massaro, C. G. Giaconia, A. Di Stefano, G. Fiscelli, D. La Cascia, F. Lo Bue, R. Miceli, *Benefit at Grid Level by Using DoS Actions via Combined Photovoltaic and Solar Panel System*, Conferenza internazionalo EVER2010 paper n. 371 MonteCarlo (Monaco).
- [34] R. Miceli, *Energy management via connected household appliances*, Milano: Mcgraw-Hill, vol. 1, p. 1-158, ISBN: 978-88-386-6676-6.
- [35] ADDRESS: Active Distribution network with full integration of Demand and distributed energy RESourceS, European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) grant agreement n° 207643, <http://www.addressfp7.org/index.html>.
- [36] i-NEXT: Innovation for green Energy and eXchange in Transportation, Italian project PON04a2_H.
- [37] M.G. Ippolito, E. Riva Sanseverino, and G. Zizzo, *Impact of building automation control systems and technical building management systems on the energy performance class of residential buildings: An Italian case study*, Energy and Buildings n. 69 (2014), pp. 33-40.
- [38] A. Prudenzi, A. Silvestri, R. Lamedica, M.C. Falvo, M. Regoli, *Residential DSM Actions Impact Prediction Through a Psychological Model of Electricity*, Conferenza internazionale IEEE Power and Energy Society General Meeting, 22-26 July 2012, pp. 1-6.
- [39] A. Campoccia, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, *A Montecarlo Approach for a Study on the Impact of the domestic installation of Small PV and Thermal Solar Systems on the grid*, Conferenza internazionale 7th World Energy System Conference WESC 2008, Romania, pp. 1-6.
- [40] E. Vartiainen, A comparison of luminous efficacy models with illuminance and irradiance measurements, Renewable Energy 20 (2000) 265-277
- [41] G. Graditi, M.G. Ippolito, R. Lamedica, A. Piccolo, A. Ruvio, E. Santini, P. Siano, G. Zizzo, *Innovative control logics for a rational utilization of electric loads and air-conditioning systems in a residential building*, Energy and Buildings n. 102 (2015), pp. 1-17.
- [42] Guida CEI 82-25, *Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione*.

- [43] A. Scognamiglio, P. Bosisio, V. Di Dio, *Fotovoltaico negli edifici*, Edizioni Ambiente, Milano, 2013.
- [44] Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [45] G. Graditi, M.G. Ippolito, R. Lamedica, A. Piccolo, A. Ruvio, E. Santini, P. Siano, G. Zizzo, Innovative control logics for a rational utilization of electric loads and air-conditioning systems in a residential building, *Energy and Building*
- [46] Decreto Assessorato delle infrastrutture e della mobilità della Regione Siciliana, “Nuovo prezzario unico regionale per i lavori pubblici”, Supplemento ordinario n. 2 alla GAZZETTA UFFICIALE DELLA REGIONE SICILIANA (p. I) n. 13 del 15/03/2013 n.9.
- [47] Decreto Assessorato delle infrastrutture e della mobilità della Regione Siciliana n.11 del 06/05/2015, “Aggiornamento de nuovo prezzario unico regionale per i lavori pubblici”.
- [48] Decreto Assessorato delle infrastrutture e della mobilità della Regione Siciliana n.25 del 14/10/2015, “Conferma del vigente prezzario regionale, già pubblicato su GURS del 15/03/2013, ad esclusione del capitolo 24, per la durata di dodici mesi a decorrere dalla data di pubblicazione del presente decreto”.
- [49] EU Smart Grid Task Force, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters/smart-grids-task-force>.
- [50] DIRETTIVA 2009/72/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 13 luglio 2009 relativa a norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica e che abroga la direttiva 2003/54/CE.
- [51] DIRETTIVA 2009/73/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 13 luglio 2009 relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale e che abroga la direttiva 2003/55/CE.
- [52] DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell’edilizia.
- [53] DIRETTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 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.
- [54] DIRETTIVA 2004/22/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 31 marzo 2004 relativa agli strumenti di misura
- [55] RACCOMANDAZIONE 2012/148/UE DELLA COMMISSIONE del 9 marzo 2012 sui preparativi per l’introduzione dei sistemi di misurazione intelligenti
- [56] DECRETO LEGISLATIVO 4 luglio 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.
- [57] Serie delle norme internazionali IEC 62056.
- [58] Delibera 07 agosto 2014 AEEGSI 412/2014/R/efr: “Avvio di procedimento per l’adozione di provvedimenti, ai fini dell’attuazione delle disposizioni del decreto legislativo 102/2014 in materia di efficienza energetica”.
- [59] Documento di consultazione 06 agosto 2015 AEEGSI 416/2015/R/eel: “Sistemi di smart metering di seconda generazione per la misura di energia elettrica in bassa tensione”.
- [60] Delibera 08 marzo 2016 AEEGSI 87/2016/R/eel: “Specifiche funzionali abilitanti i misuratori intelligenti in bassa tensione e performance dei relativi sistemi di smart metering di seconda generazione (2G) nel settore elettrico, ai sensi del Decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102”.
- [61] Delibera 19 settembre 2013 AEEGSI 393/2013/R/gas: “Procedura e criteri di selezione degli investimenti ammessi alla sperimentazione di soluzioni di telegestione multi-servizio di misuratori di gas naturale di classe minore o uguale a G6 e di altri servizi di pubblica utilità”.
- [62] Norma UNI/TS 11291-11, *Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria*, 2014.
- [63] Norma CEI 205-10, *SmartHouse Code of Practice*, 2006.
- [64] Guida CEI 205-18, *Guida all’impiego dei sistemi di automazione degli impianti tecnici negli edifici Identificazione degli schemi funzionali e stima del contributo alla riduzione del fabbisogno energetico di un edificio*, 2011.

- [65] Norma CEI 64-8, *Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua*, 2014.
- [66] IEC TC 77 Electromagnetic Compatibility.
- [67] M. Accornero, *Smart City: per un territorio e una socialità più accogliente*, AEIT Vol. 99 n. 7/8, Luglio/Agosto 2012.
- [68] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks--Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2011.
- [69] G.9959 : Short range narrow-band digital radiocommunication transceivers - PHY, MAC, SAR and LLC layer specifications.
- [70] Fibaro System, <http://www.fibaro.com/en/the-fibaro-system>.
- [71] Y. Yan, Y. Qian, H. Sharif, and D. Tipper, *A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges*, IEEE Communications surveys & Tutorials Vol. 15, No.1, 2013 IEEE.
- [72] D. Zucca, *Tecnologia alberghiera per la gestione ed il risparmio energetico. Come tagliare i costi ed ottimizzare le risorse umane*, Convegno per imprese alberghiere pugliesi, 7 aprile 2011, Bari (Italia).
- [73] Norma CEI EN 60898-1, *Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari*, 2004.
- Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- [74] P. Girdino, *Smart City: una nuova visione per la città*, AEIT Vol. 99 n. 7/8, Luglio/Agosto 2012.
- [75] G. D'Antona, *Domotica per la Smart City*, AIET Vol. 100 n. 7/8, Luglio/Agosto 2013.
- [76] J. K. Kaldellis, A. Gkikaki, E. Kaldelli, M. Kapsali, *Investigating the energy autonomy of very small non-interconnected islands A case study: Agathonisi, Greece*, Energy for Sustainable Development Vol.16, pp. 476–485, 2012.
- [77] V. Cosentino, S. Favuzza, G. Graditi, M.G. Ippolito, F. Massaro, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, *Smart renewable generation for an islanded system. Technical and economic issues of future scenarios*, Energy vol. 39 (1), pp. 196–204, 2012.
- [78] S. Massucco, C.A. Nucci, M. Pentolini, S. Sculari, G. Viano, *SmartGen: strumenti innovativi per reti di distribuzione*, AEIT Vol. 99 n. 7/8, Luglio/Agosto 2012.
- [79] M.G. Ippolito, E. Riva Sanseverino, M.L. Di Silvestre, G. Zizzo, G. Graditi, *Multi-objective optimized management of electrical energy storage systems in an islanded network with renewable energy sources under different design scenarios*, Energy vol. 64, pp. 648–662, 2014.
- [80] M. Venturi, S. Oggioni, *Come rendere le città più intelligenti*, AEIT Vol. 99 n. 7/8, Luglio/Agosto 2012.
- [81] P. Gaggero, *Micro Grid: sistema per la gestione delle risorse energetiche*, AEIT Vol. 99 n. 7/8, Luglio/Agosto 2012.