



Diagnosi Energetica della Scuola Dell'Infanzia e Asilo Nido del Comune di Sanluri

Redazione Diagnosi Energetica ai sensi delle norme UNI CEI EN 16247 e allegato 2 del Decreto Legislativo n. 102/2014

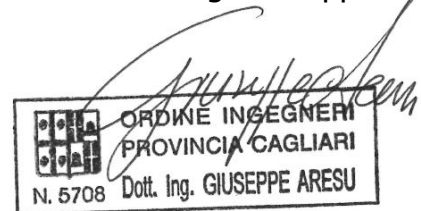
Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Salvantonio Grosso

RTP incaricato

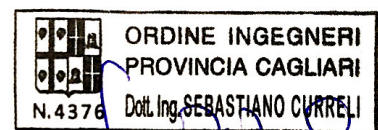
Dott. Ing. Raffaello Possidente



Dott. Ing. Giuseppe Aresu



Dott. Ing. Sebastiano Curreli





INDICE

1	Introduzione.....	4
2	Metodologia di raccolta ed elaborazione dati.....	7
3	Analisi della struttura energetica.....	8
4	Descrizione della struttura energetica.....	10
4.1	Dati climatici di zona.....	10
4.2	Descrizione dell'involucro edilizio.....	11
4.3	Descrizione degli impianti di climatizzazione.....	27
4.4	Descrizione dell'impianto di produzione dell'ACS.....	29
4.5	Descrizione dell'impianto solare fotovoltaico.....	31
4.6	Sistema di illuminazione interna.....	32
4.7	Altre utenze elettriche presenti nella struttura.....	33
5	Analisi dei consumi energetici.....	34
5.1	Prelievi di energia elettrica dal servizio elettrico nazionale.....	34
6	Caratterizzazione del modello energetico.....	37
6.1	Consumi di energia elettrica delle utenze presenti.....	37
6.2	Validazione del modello di calcolo.....	39
6.3	Ripartizione dei consumi di energia elettrica per centri di consumo.....	42
6.4	Indici di prestazione energetica dell'edificio.....	45
6.5	Emissioni di anidride carbonica.....	47
6.6	Costi dei vettori energetici.....	48
7	Analisi tecnico-economica degli interventi proposti.....	49
7.1	Sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) in controsoffitto.....	50
7.2	Realizzazione di una Smart Grid con livello di gestione elevato (protocollo aperto) e colonnine di ricarica del tipo V2G.....	52
7.3	Quadro degli interventi di risparmio energetico proposti.....	57
8	Conclusioni.....	58

1 Introduzione

La presente relazione tecnica descrive le operazioni e i risultati della diagnosi energetica realizzata presso il complesso edilizio “Scuola Materna e Scuola dell' Infanzia”, situato a Sanluri, all'interno del Parco S'Arei in via Carlo Felice.

L'Amministrazione Comunale di Sanluri intende partecipare al bando regionale "Interventi di efficientamento energetico negli edifici pubblici e di realizzazione di micro reti nelle strutture pubbliche della Regione Sardegna" finanziato con il POR FESR Sardegna 2014/2020 - Asse Prioritario IV "Energia Sostenibile e qualità della vita" - Azioni 4.1.1 e 4.3.1. Il presente lavoro è da inquadrarsi in un quadro più ampio dell'incarico conferito che comprende:

- la redazione di n. 2 Diagnosi Energetiche, relative agli edifici "Polo Culturale e dell'Alta Formazione" e "Scuola dell'infanzia e asilo nido" situati entrambi all'interno del Parco S'Arei, redatte nel rispetto delle vigenti disposizioni normative nazionali e regionali; in particolare nel rispetto del pacchetto di norme UNI CEI EN 16247 e dei criteri minimi previsti dall'Allegato 2 del Decreto legislativo n. 102/2014,
- N. 2 Attestati di Prestazione Energetica (APE) ante operam per i 2 edifici "Polo Culturale e dell'Alta Formazione" e " Scuola dell'infanzia e asilo nido ", redatti nel rispetto delle vigenti disposizioni normative nazionali e regionali per gli interventi ex ante e post; in particolare redatta nel rispetto del pacchetto di norme UNI CEI EN 16247 e UNI TS 11300 e dovrà essere conforme al Decreto legislativo del 19 agosto 2005, n. 192 e successive modificazioni, nonché ai Decreti attuativi dello stesso.

L'incarico per le attività tecniche di cui sopra è stato conferito in data 27/09/2017 al R.T.P, composto dai Dott. Ingg. Raffaello Possidente capogruppo, Giuseppe Aresu e Sebastiano Curreli mandatarì.

La Scuola dell'infanzia, edificio oggetto della presente diagnosi, è un complesso costituito da quattro blocchi disposti in pianta a forma di E, tutti collocati al piano terra: il primo afferente ai servizi generali e le zone di passaggio, due blocchi sono utilizzati dalla scuola dell'infanzia comunale mentre il terzo blocco verrà occupato dal prossimo anno da un asilo nido.

La struttura, interamente gestita dall'amministrazione comunale, risulta pertanto adibita ad attività scolastiche ed è inquadrata nella categoria di destinazione E.7.

In figura 1 è riportata la planimetria della scuola dell'infanzia e asilo nido.

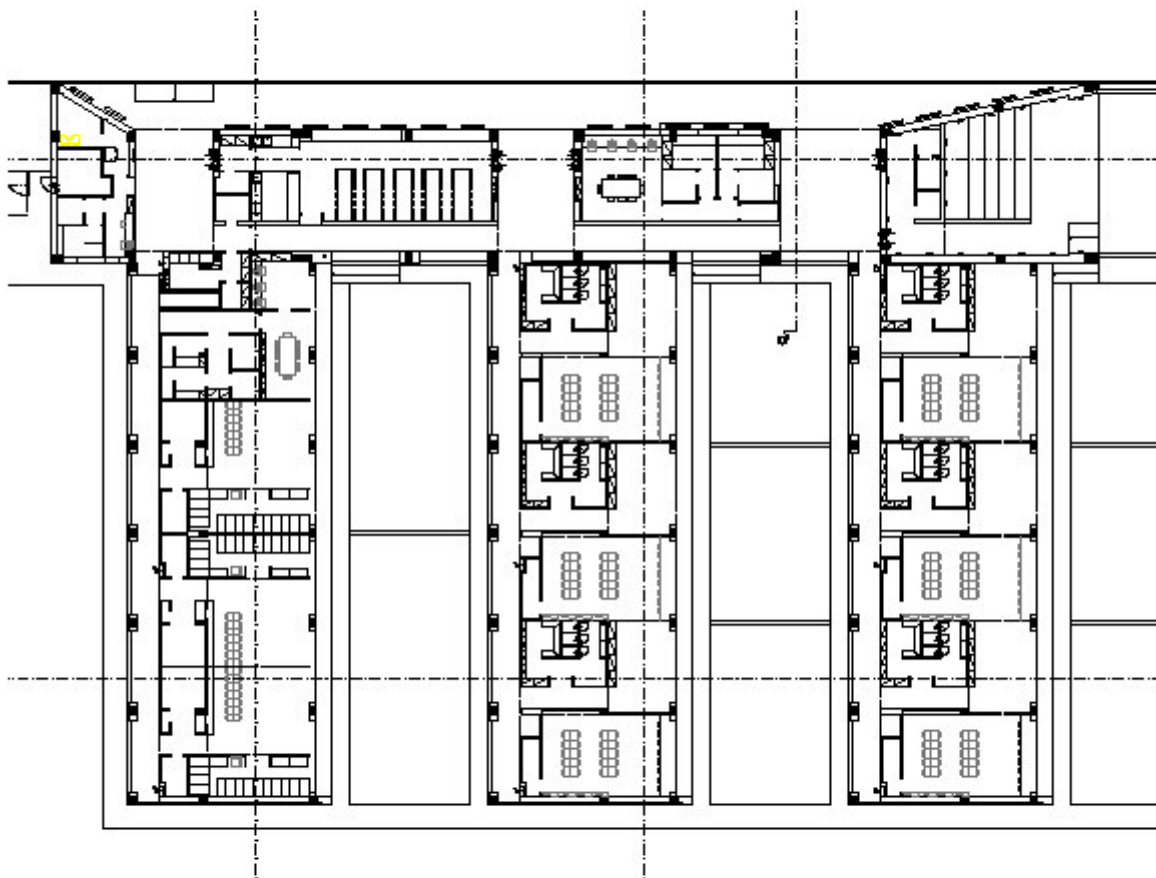


Figura 1. Planimetria del complesso edilizio “Scuola dell’Infanzia e Asilo Nido”

L’edificio, di recente ristrutturazione, è entrato in funzione a fine 2015, pertanto è possibile utilizzare uno storico di dati limitato; inoltre, poiché si prevede a regime un utilizzo pieno della struttura in questa diagnosi verranno condotte valutazioni che si baseranno sia sui consumi registrati nel 2016 che sulla proiezione di tali dati nell’utilizzo che si prevede nel prossimo futuro.

Le ore e i periodi di apertura dell’edificio sono invece tipiche degli edifici scolastici: da settembre a giugno, con chiusure di tutti i giorni festivi e quelli previsti dalla sospensione delle attività scolastiche a ridosso delle festività principali.

In accordo con l’ente committente, il lavoro di diagnosi intende individuare le soluzioni di efficientamento energetico più efficienti ed economicamente più vantaggiose del sistema edificio-impianto, rispetto al reale utilizzo della struttura. Pertanto, a partire da un sopralluogo dettagliato che ha consentito di rilevare tutti i dispositivi che determinano un consumo energetico all’interno dell’edificio e una volta costruito un modello energetico sufficientemente rappresentativo della situazione reale, sono stati rilevati i reali consumi energetici, a partire dai consumi rilevati tramite fatture, e attribuiti mediante operazione di allineamento ai vari centri di consumo presenti. Questa operazione ha consentito di individuare i principali margini di efficientamento

energetico e di proporre le soluzioni più convenienti per ridurre al massimo i costi di gestione, pur assicurando le adeguate condizioni di comfort termo-igrometrico e illuminotecnico.

A tal proposito si delineano di seguito gli obiettivi di lavoro e le fasi attraverso le quali è stata svolta la procedura di diagnosi energetica.

La metodologia adottata si propone i seguenti obiettivi:

1. individuare i presunti consumi della struttura energetica in esame, suddividendoli per centri di consumo, in base al vettore energetico impiegato. Si è costruito così un modello energetico di riferimento generale, facilmente riadattabile in caso di future variazioni d'uso dell'edificio;
2. proporre specifici interventi orientati al risparmio energetico e/o all'utilizzo di fonti rinnovabili.

Tali risultati sono stati raggiunti seguendo una procedura metodologica caratterizzata dalle seguenti fasi:

- a) condivisione con i responsabili amministrativi del comune di Sanluri degli obiettivi, ambiti, confini e grado di dettaglio della diagnosi energetica, nonché degli aspetti operativi relativi alla fase di realizzazione della diagnosi;
- b) raccolta di informazioni generali sull'edificio e sugli impianti presenti e degli elementi energetici rilevanti;
- c) sopralluogo tecnico dettagliato, con acquisizione di dati tecnici ed energetici degli impianti termici e di condizionamento, di ventilazione e di illuminazione, delle utenze energetiche presenti e di tutti componenti edilizi, opachi e vetrati, necessari a caratterizzare energeticamente la struttura;
- d) analisi dei dati raccolti e utilizzo di software di calcolo, per l'individuazione dei centri di consumo e per la caratterizzazione di un modello energetico di riferimento;
- e) individuazione degli indici di riferimento per la quantificazione dei consumi energetici e la valutazione degli stessi;
- f) elaborazione di un report tecnico con la descrizione dettagliata dello stato di fatto;
- g) proposta di possibili interventi, allo scopo di migliorare la gestione energetica della struttura, sulla base di una valutazione tecnico-economica di prefattibilità.

L'analisi della struttura energetica può essere suddivisa, considerando i seguenti componenti:

1. struttura edilizia, con la caratterizzazione delle prestazioni energetiche dei componenti edili;
2. impianti per la produzione di energia termica e frigorifera per il condizionamento dei locali;
3. impianti per la produzione di energia termica necessaria al soddisfacimento del fabbisogno di Acqua Calda Sanitaria (ACS);
4. impianti e sistemi di illuminazione presenti sia con riferimento alle aree interne che esterne;
5. utenze elettriche presenti e previste per lo svolgimento delle attività all'interno della struttura.

2 Metodologia di raccolta ed elaborazione dati

L'analisi delle prestazioni energetiche della struttura nelle condizioni di esercizio richiede un'accurata raccolta di dati ed informazioni da reperire sul campo che comprendono:

- analisi della documentazione tecnica e degli elaborati progettuali relativi ai componenti edili opachi e trasparenti e verifica tecnica tramite sopralluoghi;
- esame dei consumi dei vettori energetici e delle condizioni contrattuali sottoscritte;
- rilevamento delle caratteristiche tecniche dei sistemi che forniscono energia per la climatizzazione estiva ed invernale, la ventilazione, la produzione di ACS e l'illuminazione degli ambienti;
- individuazione delle utenze presenti o previste per lo svolgimento delle attività all'interno della struttura: CED (Centro Elaborazione Dati), computer, stampanti, ecc..
- valutazione dei flussi energetici, in riferimento ai sistemi utilizzati per la produzione di energia termica, elettrica e frigorifera;
- costruzione di un modello energetico di riferimento e suddivisione dei centri di consumo in funzione dei vettori energetici utilizzati;
- valutazione sul campo delle condizioni operative di funzionamento e, laddove necessario, delle proprietà energetiche della struttura e/o dei macchinari esistenti.

Una volta raccolti i dati e individuati tutti i consumi, si procede alla costruzione del modello energetico, con l'ausilio di sistemi di calcolo termotecnico ed energetico.

Quindi, individuati i consumi energetici dei vettori utilizzati all'interno della struttura e associati questi ai centri di consumo in essa individuati, si procede con la definizione di alcuni indicatori di prestazione, generali e specifici, parametrati in base a unità di misura facilmente individuabili (m^2 o m^3) e tali da essere confrontabili con altre strutture aventi simili destinazioni d'uso.

Il modello viene poi utilizzato per simulare gli effetti degli interventi di riqualificazione, al fine di valutare quelli che risultano più efficienti sia dal punto di vista del risparmio energetico sia dal punto di vista economico.

Il modello energetico, permette di dividere i consumi annuali dei vettori utilizzati in funzione dei centri consumo presenti nel sito. Per quanto riguarda i fabbisogni energetici del sistema edificio-impianto il modello di calcolo utilizzato, basato sui criteri di calcolo imposti dalla normativa nazionale di riferimento, consente di raggruppare i centri di consumo nelle seguenti 5 macrocategorie:

- fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva ed invernale degli ambienti (si è approfondita questa voce ripartendo ulteriormente tra i consumi associati ai fabbisogni richiesti dalla ventilazione, trasmissione e al contributo gratuito degli apporti solari e degli

apporti interni, per il regime invernale, e ai fabbisogni per gli apporti solari e interni e il contributo per le dispersioni e gli accumuli del fabbricato, per il regime estivo)

- fabbisogni energetici per la produzione di ACS
- fabbisogni energetici per gli ausiliari di centrale e l'azionamento elettrico delle ventole di estrazione e dei terminali per la climatizzazione
- fabbisogni energetici per illuminazione
- fabbisogni energetici per utenze elettriche in uso presso la struttura

3 Analisi della struttura energetica

Poiché l'edificio è adibito a scuola d'infanzia (bambini da 3 mesi a 3 anni) non sono presenti apparecchi di tipo informatico (come PC e monitor) all'interno delle aule. Le uniche attività di segreteria sono svolte in un locale appositamente predisposto.

L'intera struttura potrà accogliere mediamente 60 bambini, 20 per ogni ala del blocco aule (con un limite massimo di 26 compreso il personale docente e di supporto), in base agli spazi a disposizione per le norme vigenti.

Tutti i fabbisogni sono coperti dall'utilizzo di un solo vettore energetico: quello elettrico, come rimarcato nello schema di figura 2, nel quale è stata proposta una ripartizione dei vari flussi energetici presenti. Nello schema sono stati individuati 5 centri di consumo principali: climatizzazione, poi suddivisa in estiva ed invernale, Acqua Calda Sanitaria (ACS), illuminazione, ventilazione meccanica e utenze elettriche. Una ulteriore suddivisione dei fabbisogni energetici relativi alla climatizzazione è eseguita rispetto alle dispersioni energetiche per la trasmissione, la ventilazione (estiva ed invernale), calcolati al netto dei carichi termici gratuiti nella stagione invernale e al netto dei contributi per dispersione ed accumulo nella stagione estiva.

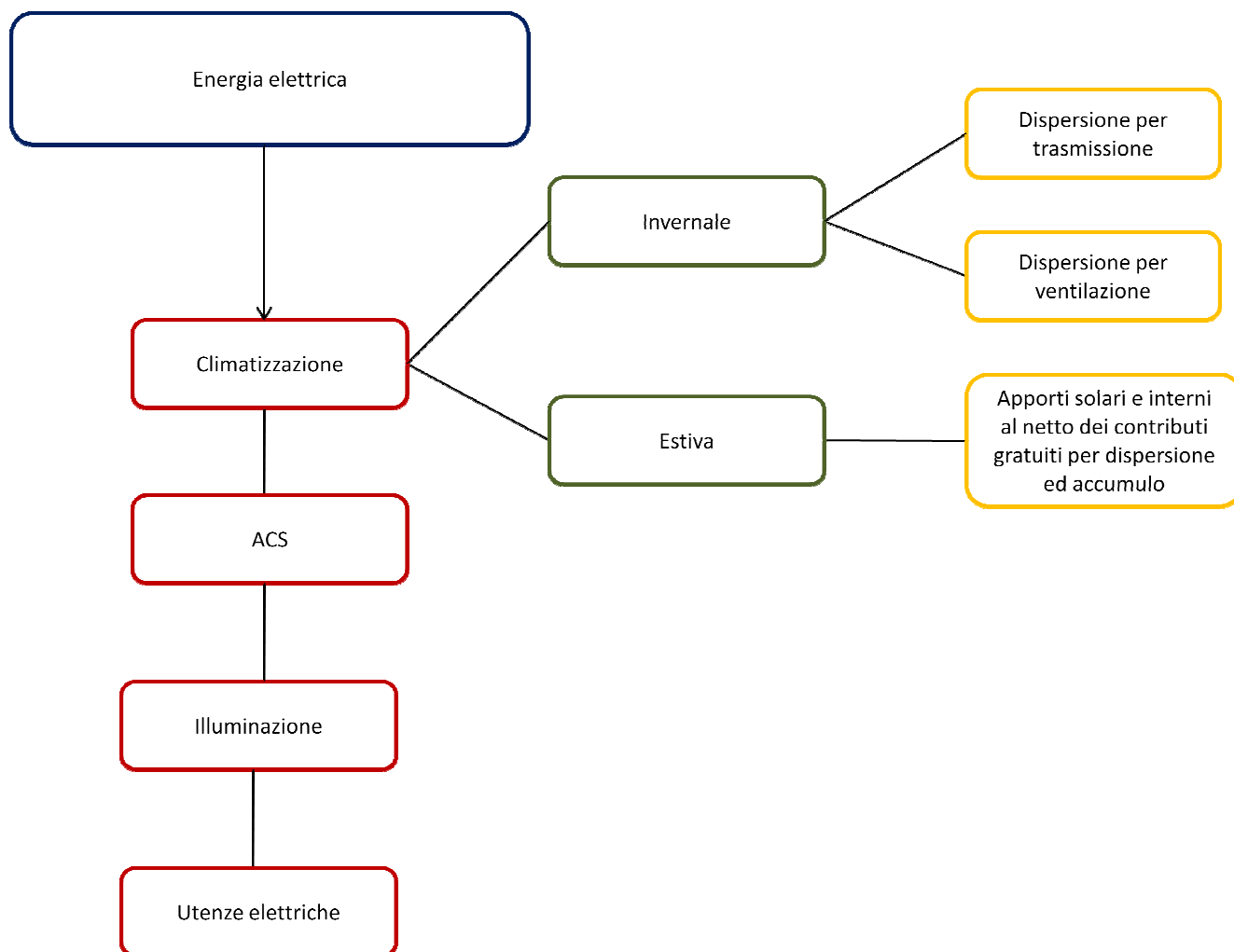


Figura 2. Diagramma di flusso dei centri di consumo soddisfatti dal vettore energia elettrica

I centri di consumo riportati in figura 2 verranno quantificati attraverso l'utilizzo della modellazione dell'edificio, delle caratteristiche tecniche degli impianti/attrezzature principali presenti e della frequenza di utilizzo delle stesse basata sulle informazioni raccolte in campo. Pertanto prima di procedere a tale ripartizione vengono individuate le caratteristiche ambientali del sito, riportato in pianta l'edificio e commentati gli impianti, i macchinari e le apparecchiature presenti.

4 Descrizione della struttura energetica

4.1 Dati climatici di zona

Il complesso edilizio della Scuola materna e Scuola dell'Infanzia è localizzato all'interno della vasta area verde del parco urbano comunale S'Arei di Sanluri, paese del Sud Sardegna caratterizzato da zona climatica C, altitudine 135 m s.l.m. e 1267 Gradi Giorno (GG). La temperatura esterna minima di progetto è pari a 2,3° C, mentre quella massima di 31,2 °C. In tabella 1 sono riportati i principali dati energetici e in tabella 2 quelli relativi alle irradiazioni medie mensili, suddivise per orientamento. In generale, analizzando i dati riportati nelle tabelle, le condizioni climatiche esterne possono definirsi sufficientemente miti nel periodo invernale e caratterizzate da importanti carichi termici nel periodo estivo.

Tabella 1. Dati climatici ed energetici di progetto relativi al comune di Sanluri

DATI CLIMATICI ED ENERGETICI DI PROGETTO	
Temperatura esterna minima [°C]	2,3
Temperatura esterna massima [°C]	31,2
Umidità relativa esterna invernale [%]	59,5
Umidità relativa esterna estiva [%]	55,9
Velocità del vento [m/s]	2,6
Escursione termica media giornaliera [°C]	8,1

Tabella 2. Valori medi mensili di irradiazione solare suddivisi per orientamento nel comune di Sanluri

IRRADIAZIONE MEDIA MENSILE [MJ/m²]												
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
N	2,06	2,97	4,41	5,68	8,61	9,98	9,67	7,47	5,19	3,64	2,58	2,02
NE	2,28	3,76	5,90	8,15	11,62	12,67	12,61	10,43	7,73	4,75	2,91	2,17
E	4,14	6,68	8,57	10,69	13,90	14,41	14,64	13,09	11,07	7,68	4,90	3,83
SE	6,46	9,33	10,01	10,88	12,61	12,41	12,85	12,62	12,24	9,90	7,12	6,06
S	7,97	10,84	10,22	9,55	10,01	9,60	10,00	10,52	11,57	10,93	8,54	7,52
SW	6,46	9,33	10,01	10,88	12,61	12,41	12,85	12,62	12,24	9,90	7,12	6,06
W	4,14	6,68	8,57	10,69	13,90	14,41	14,64	13,09	11,07	7,68	4,90	3,83

NW	2,28	3,76	5,90	8,15	11,62	12,67	12,61	10,46	7,73	4,75	2,91	2,17
H tot	5,60	9,20	12,60	16,30	21,90	23,10	23,30	20,30	16,40	10,90	6,80	5,20

4.2 Descrizione dell'involucro edilizio

La struttura adibita a Scuola dell'infanzia e Asilo Nido è stata costruita nel 2010, sebbene gli ultimi interventi impiantistici sono stati conclusi a fine 2015; la realizzazione del blocco dell'Asilo Nido è stato oggetto di uno specifico intervento autonomo successivo, ma comunque coordinato con quello dell'intero complesso. L'edificio presenta un *blocco deiservizi* da cui si diramano le tre ali che ospitano le aule didattiche, ortogonali al primo.

L'intera struttura è costruita su un unico piano e presenta superfici piane che ben si prestano alla collocazione di pannelli per la produzione di energia da fonti rinnovabili (fotovoltaici o solari termici), come in effetti già realizzato sulla copertura del blocco dei servizi.

Il blocco dei servizi è destinato ad accogliere le principali funzioni comuni ed è costituito da area portineria, dotata di proprio servizio igienico e spogliatoio, area di disimpegno, locali wc anche ad uso esterno, il locale tecnico (che ospita i componenti termoidraulici e i quelli elettrici dell'impianto fotovoltaico), i locali spogliatoi, un locale mensa per la somministrazione dei pasti ai bambini (recapitati in loco da una impresa esterna di catering), un locale lavanderia e un locale per la conservazione dei prodotti per le pulizie.

Nel blocco dei servizi l'area della mensa e quella dedicata agli insegnanti sono alternate da due dilatazioni del percorso distributivo principale. Tali dilatazioni diventano degli atri secondari aventi la parete rivolta verso il parco completamente vetrata, in modo da permettere il costante collegamento visivo con il verde pubblico. In corrispondenza degli atri secondari si innestano i due percorsi che conducono ai due blocchi delle Aule della Scuola per l'Infanzia; gli atri secondari diventano delle piccole piazze esterne alle aule in cui i bambini possono proseguire la loro attività.

L'estremità a sud del blocco dei servizi è infine occupata da uno spazio da destinare a teatrino coperto, aperto su un lato e affacciato sul giardino.

I blocchi delle aule della Scuola per l'Infanzia sono dotate ciascuna di un proprio spogliatoio e di un proprio servizio igienico. Le porte di chiusura degli spazi per le attività pratiche hanno le ante parzialmente vetrate, perché i docenti possano controllare dal disimpegno l'interno del bagno e dello spogliatoio. Ciascuna ala è dotata di due grandi aule, una per le "attività libere" dove vengono svolte principalmente attività di carattere ludico o motorio, e una per le "attività ordinate" dove vengono svolte attività al tavolo. Le due aule sono collegate tra loro da una ampia apertura, chiusa con doppie porte scorrevoli da incasso, in modo da fornire agli

educatori la possibilità di ottenere un unico grande spazio a seconda delle esigenze didattiche. Infine ogni ala è dotata di appositi camini di areazione in copertura, protetti superiormente da comignoli.

Tutti gli ambienti sono dotati di controsoffitto, sfruttato per la posa e la distribuzione delle canalizzazioni degli impianti.

Per quanto riguarda l'architettura dell'edificio, si osserva che le pareti vetrate delle aule risultano perfettamente orientate a sud, favorendo lo sfruttamento dell'illuminazione naturale e l'accumulo di energia termica dovuto all'irraggiamento nella stagione invernale; gli infissi sono inoltre protetti da schermature esterne con frangisole orientabili, allo scopo di limitare l'effetto dell'irraggiamento durante i mesi estivi. Inoltre le superfici vetrate delle aule sono arretrate rispetto all'involucro perimetrale della costruzione e questo favorisce l'ombreggiamento delle parti vetrate nei mesi estivi, quando i raggi solari assumono una traiettoria più perpendicolare.

Nella figura 3 si riporta in pianta l'edificio oggetto di diagnosi, nel quale sono state individuate, in tratteggio verde, le zone climatizzate e in tratteggio rosso quelle non climatizzate. La distribuzione degli impianti asserviti alle zone climatizzate e la ripetitività strutturale dell'edificio consente di associare in modo sufficientemente certo i consumi energetici ad ogni zona e poter prevedere quindi anche i consumi energetici della zona ancora non utilizzata, sulla base dei dati attuali.

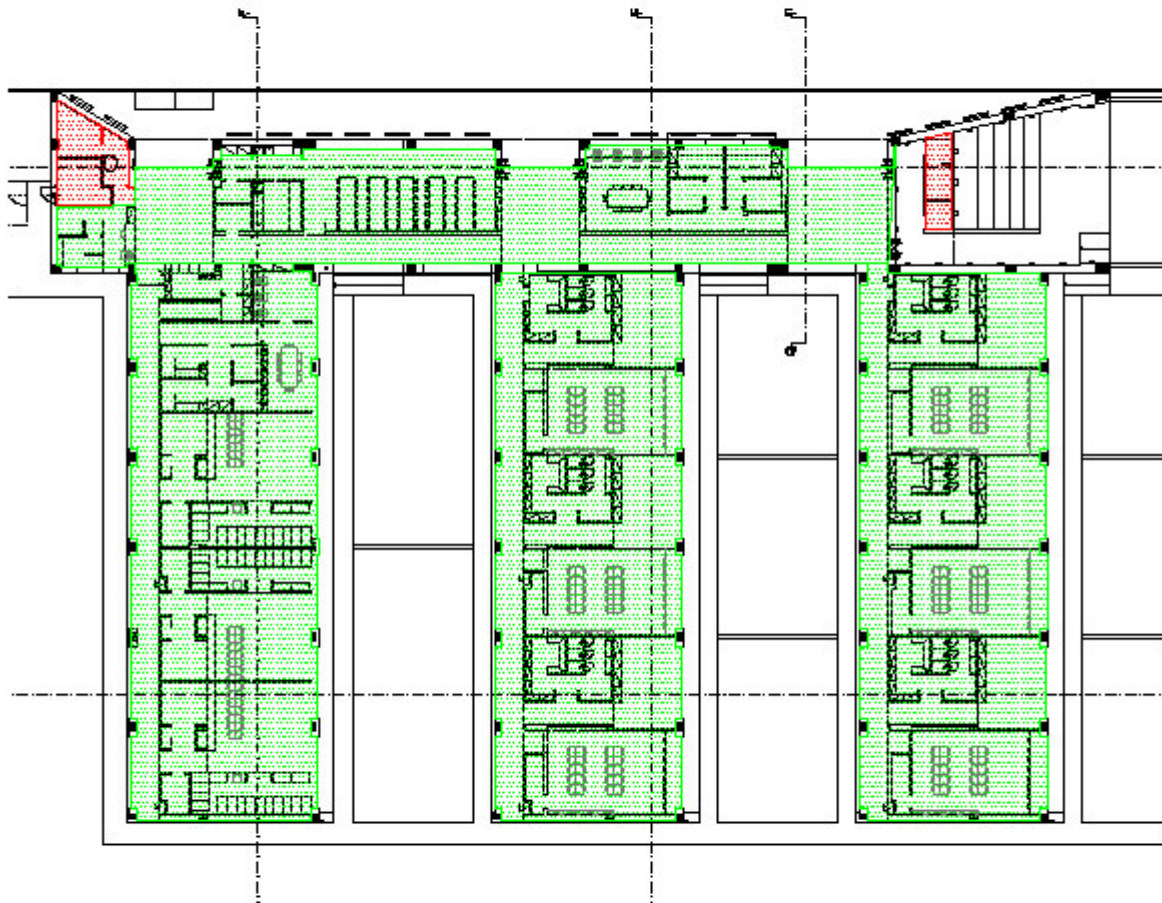


Figura 3. Planimetria della Scuola: in tratteggio verde le zone climatizzate, in tratteggio rosso le zone non climatizzate

Le parti vetrate sono costituite essenzialmente di due tipologie: le facciate continue presenti nel fronte dei tre atri del corpo dei servizi e gli infissi delle aule e degli ambienti di servizio: in entrambi i casi i vetri sono di tipo doppio stratificato, e dotati di vetrocamera con spessori 4-8-4 cm. I telai sono in profilati in alluminio a taglio termico, quindi con buone prestazioni energetiche (figura 4).

Gli infissi sono caratterizzati da una trasmittanza termica che dipende da:

- la trasmittanza del vetro
- la trasmittanza del telaio
- la forma del componente

secondo la seguente equazione della fisica tecnica:

$$U = \frac{U_g * A_g + U_f * A_f + l_g * \Psi_g}{A_f + A_g}$$

con:

U_g = trasmittanza termica della componente vetrata

A_g = area della componente vetrata

U_f = trasmittanza termica del telaio

A_f = area della parte telaio

l_g = lunghezza del ponte termico

Ψ_g = trasmittanza termica lineare che tiene conto della trasmissione del calore che avviene tra telaio, vetri e distanziatori presenti nell'infisso

I valori di trasmittanza termica di ogni infisso pertanto dipendono anche dalle dimensioni geometriche degli stessi, mentre il valore della trasmittanza termica della sola componente vetrata, per la tipologia utilizzata, è pari a 3,10 W/m²K.



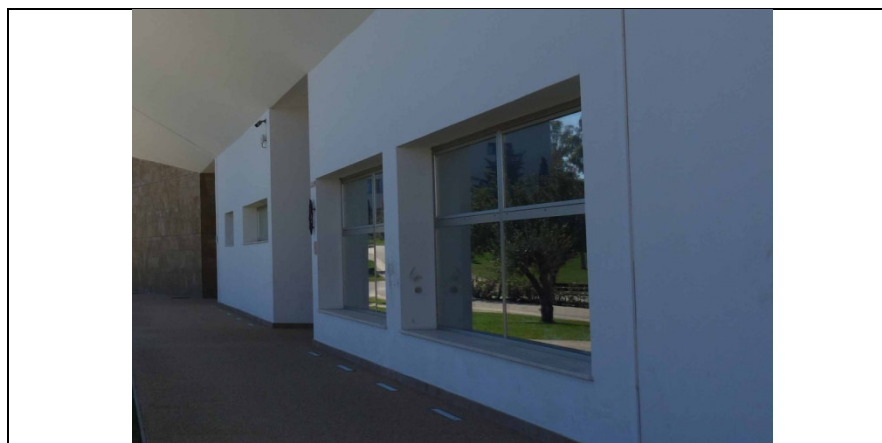


Figura 4. Immagine fotografica degli infissi presenti nell'edificio

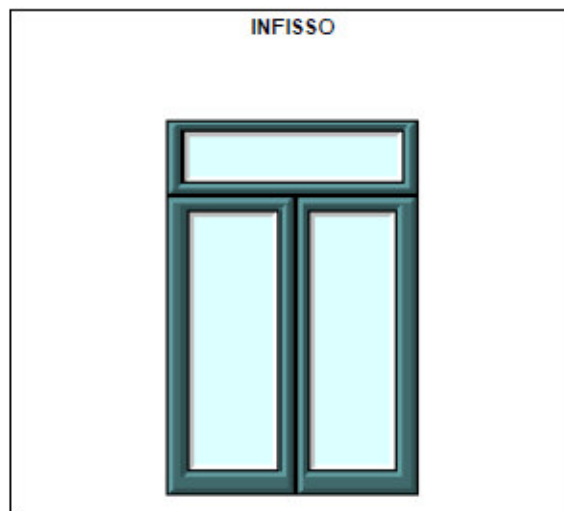
Nelle figura 5, 6, 7 e 8 sono stati rappresentate le caratteristiche termiche di alcuni componenti finestrati modellati con il software di calcolo.

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Codice Struttura: mA2b
Descrizione Struttura: Porta-finestra e finestre con parti fisse, realizzate con profilati in alluminio preverniciato bianco RAL 9010, (tipo Metra NC85 STH o equivalente) e vetrocamera 33.1/18/44.1 (lastra interna vetro stratificato basso emissivo, lastra esterna vetro strati ficato). Comprensivo di tutti gli accessori originali, quali maniglie speciali, maniglioni antipanico, serratura di sicurezza, chiudi porta aerei o a pavimento ed eventuali altri dispositivi e ferramenta, per dare l'opera finita in tutte le sue parti a regola d'arte.

Dimensioni: L = 2.20 m: H = 2.05 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	3.377	1.133	14.080	3.097	4.350	0.080	3.662	0.67
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2512
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.273 m ² K/W
TRASMITTANZA TOTALE	3.662 W/m ² K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	3.097 W/m ² K

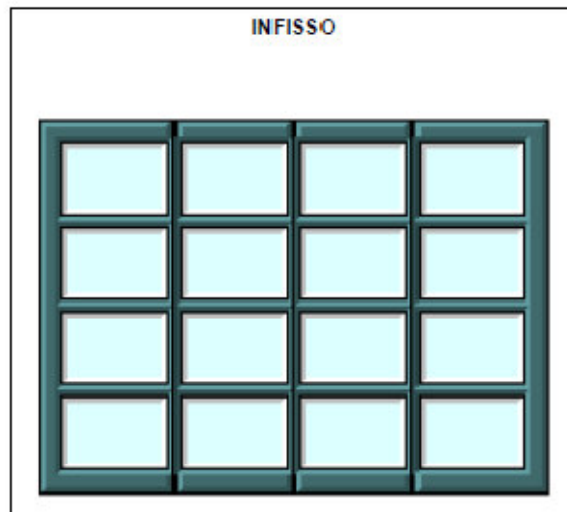
Figura 5. Caratteristiche dell' infisso MA2b

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI

Codice Struttura: S4
Descrizione Struttura: Facciata vetrata continua realizzata con profilati in alluminio finitura acciaio inox (tipo Metra Poliedra Sky 50 o equivalente) e vetrocamera 44.1/16/8 (lastra interna vetro stratificato basso emissivo, lastra esterna vetro temperato). Comprensivo di tutti gli accessori originali per dare l'opera finita in tutte le sue parti a regola d'arte.

Dimensioni: L = 2.20 m; H = 2.05 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	3.145	1.365	28.400	3.097	4.350	0.110	4.169	0.67
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.3027
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.240 m ² K/W
TRASMITTANZA TOTALE	4.169 W/m ² K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	3.097 W/m ² K

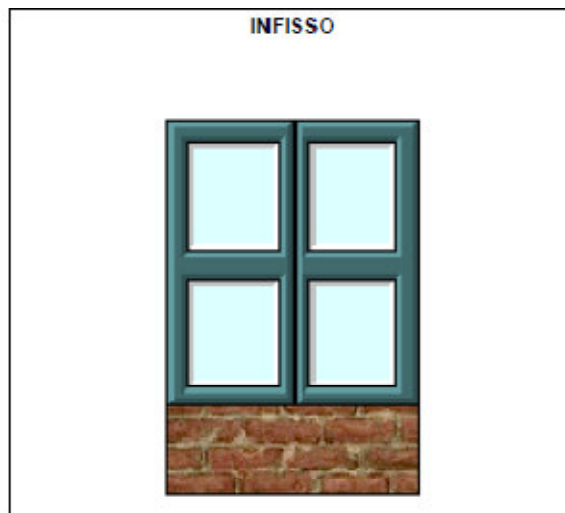
Figura 6. Caratteristiche della parete vetrata S4

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Codice Struttura: S8
Descrizione Struttura: Finestre con parti fisse ed apribili con sistema motorizzato a wasistas, realizzate con profilati in alluminio finitura acciaio inox (tipo Metra NC65 STH o equivalente) e vetrocamera 33.1/16/44.1 (lastra interna vetro stratificato basso emissivo, lastra esterna vetro stratificato). Comprensivo di tutti gli accessori originali, quali maniglie speciali, maniglioni antipanico, serratura di sicurezza , chiudi porta aerei o a pavimento ed eventuali altri dispositivi e ferramenta, per dare l'opera finita in tutte le sue parti a regola d'arte.

Dimensioni: L = 2.20 m; H = 2.05 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	3.289	1.221	14.520	3.097	4.350	0.080	3.694	0.67
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf, da Normativa; Ug, da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2708
RESISTENZA UNITARIA, SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA, SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.271 m ² K/W
TRASMITTANZA TOTALE	3.694 W/m ² K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	3.097 W/m ² K

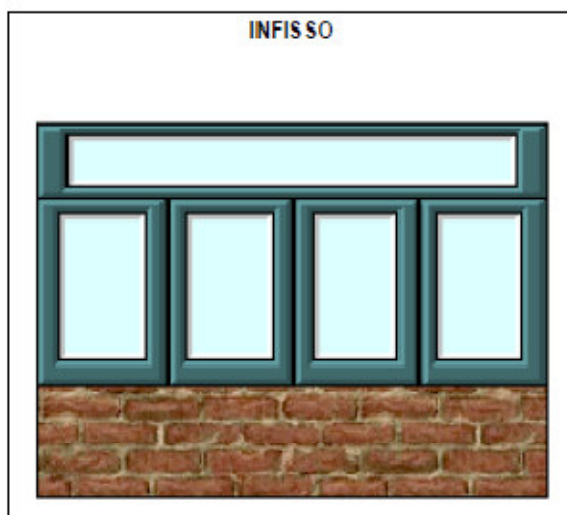
Figura 7. Caratteristiche dell'infisso S6

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Codice Struttura: S10
Descrizione Struttura: Finestre con parti fisse ed apribili con sistema anta ribalta, realizzate con profilati in alluminio preverniciato bianco RAL 9010, (tipo Metra NC65 STH o equivalente) e vetrocamera 33.1/16/44.1 (lastra interna vetro stratificato basso emissivo, lastra esterna vetro stratificato). Comprensivo di tutti gli accessori originali, quali maniglie speciali, maniglioni antipanico, serratura di sicurezza, chiudi porta aerei o a pavimento, paraspiogli ed eventuali altri dispositivi e ferramenta, per dare l'opera finita in tutte le sue parti a regola d'arte.

Dimensioni: L = 2.20 m; H = 2.05 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m²]	Af [m²]	Lg [m]	Ug [W/m²K]	Uf [W/m²K]	kl [W/mK]	Uw [W/m²K]	Fg [-]
INFISSO	2.688	1.822	18.100	3.097	4.350	0.080	3.925	0.87
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmissione termica superficie vetrata; Uf = Trasmissione termica telaio; kl = Trasmissione lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmissione termica totale serramento; Fg = Trasmissione di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.4040
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m²K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m²K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m²K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m²K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.255 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	3.925 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	3.097 W/m²K

Figura 8. Caratteristiche dell'infisso S10

Le tamponature perimetrali sono in muratura del tipo “a cassetta” (doppia parete in blocchi di cls con inerti di argilla espansa, con intercapedine d’aria e pannelli isolanti in polistirene). Le superfici esterne delle strutture in

cemento armato sono rivestite con pannelli isolanti in polistirene, intonacato all'esterno, per eliminare la presenza di ponti termici.

Nelle successive figure dalla 9 alla 12 si riportano le 4 differenti tipologie stratigrafiche di pareti verticali esterne e le corrispondenti caratteristiche termofisiche. In particolare possiamo distinguere le seguenti tipologie costruttive:

1. Muratura di tipo A costituita da due blocchi di calcestruzzo e all'interno di essi uno strato d'aria verticale e uno di polistirene espanso e per rifinitura della muratura uno strato di arenaria.
2. Muratura E1 costituito da uno strato di mattone, uno strato d'aria , uno di calcestruzzo, altro strato d'aria e uno di polistirene espanso.
3. Muratura H costituita da due strati di calcestruzzo con all'interno di essi uno strato d'aria verticale e a rifinitura del muro uno strato di arenaria.
4. Muratura tipo I costituita da due blocchi di calcestruzzo all'interno dei quali è disposto uno strato di aria verticale e uno di polistirene espanso.

Per sinteticità di trattazione si riportano le principali tipologie murarie, così come riportate nel modello energetico.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: A
 Descrizione Struttura: Muratura tipo A

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²KW]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029	
3	Blocchi in calcestruzzo	80	0.500	6.250	112.00	2.608	1000	0.160	
4	Strato d'aria verticale da 3 cm	30	0.167	5.553	0.04	193.000	1008	0.180	
5	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.25	50	0.039	0.770	1.25	3.750	1200	1.299	
6	Blocchi in calcestruzzo	200	0.500	2.500	280.00	2.608	1000	0.400	
7	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029	
8	Arenaria_01	30	1.600	53.333	66.00	0.019	1000	0.019	
9	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 2.286 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.438 W/m²K					
SPESSORE = 430 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 62.844 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 487 kg/m²				
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.04 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.10			SFASSAMENTO = -9.16 h				

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

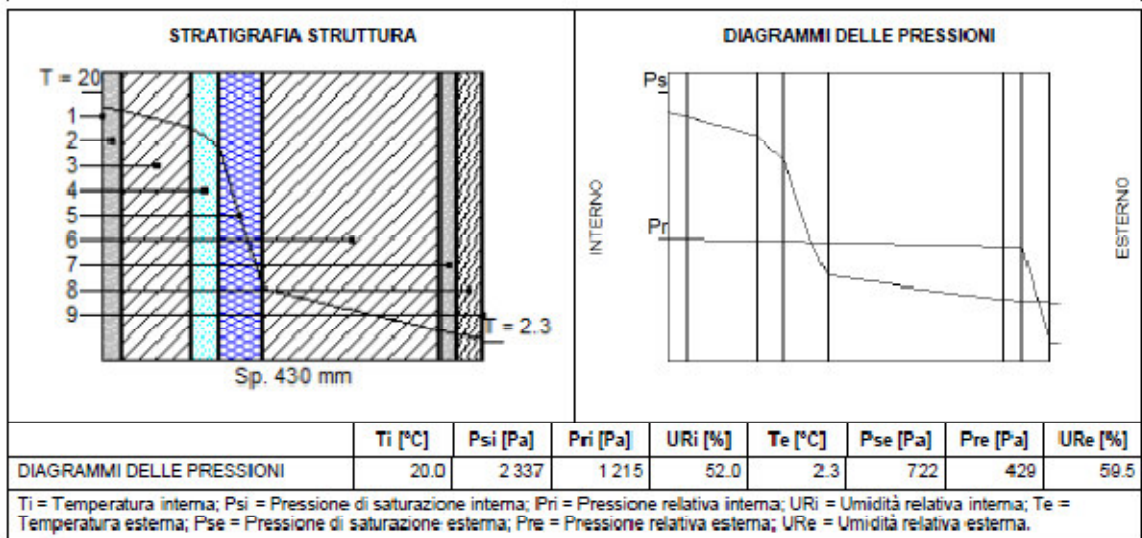


Figura 9. Stratigrafia della Muratura esterna di tipo A

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACI

Codice Struttura: E1
 Descrizione Struttura: Muratura tipo E1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²KW]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029	
3	Mattone forato di laterizio (250*80*250) spessore 80	80		5.000	62.00	20.570	840	0.200	
4	Strato d'aria verticale da 22 cm	220	1.222	5.555	0.29	193.000	1008	0.180	
5	Blocchi in calcestruzzo	80	0.500	8.250	112.00	2.608	1000	0.160	
6	Strato d'aria verticale da 3 cm	30	0.167	5.553	0.04	193.000	1008	0.180	
7	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.25	50	0.039	0.770	1.25	3.750	1200	1.299	
8	Blocchi in calcestruzzo	200	0.500	2.500	280.00	2.608	1000	0.400	
9	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029	
10	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 2.848 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (Int) = 47.863 kJ/m²K				TRASMITTANZA = 0.378 W/m²K			
SPESORE = 700 mm		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.05				MASSA SUPERFICIALE = 468 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.02 W/m²K		SFASAMENTO = -8.78 h							

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..

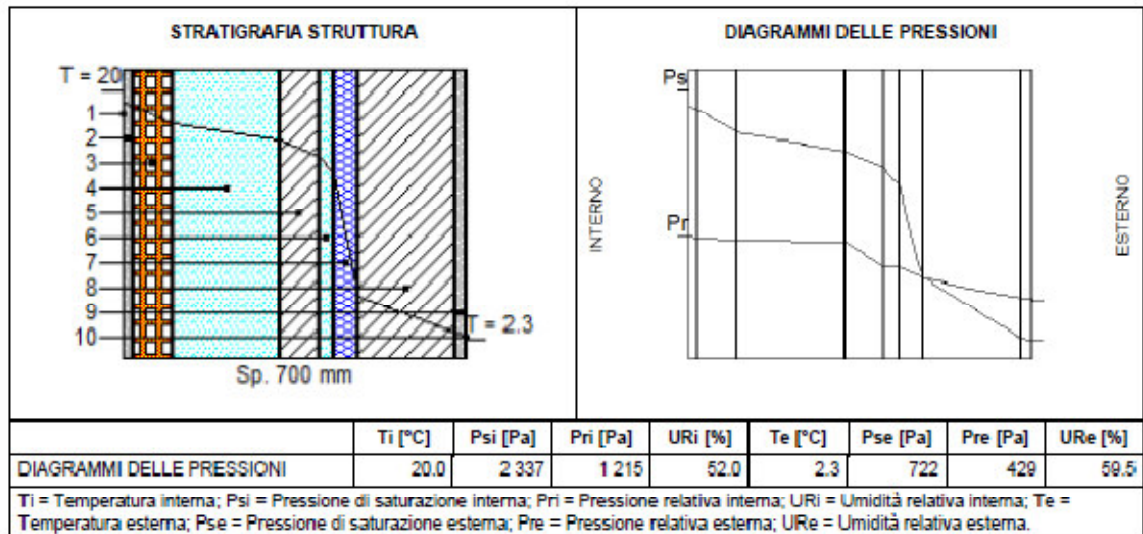


Figura 10. Stratigrafia della Muratura esterna di tipo E1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: H
 Descrizione Struttura: Muratura tipo H

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco interno.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029
3	Blocchi in calcestruzzo	300	0.500	1.667	420.00	2.808	1000	0.600
4	Strato d'aria verticale da 12 cm	120	0.667	5.556	0.16	193.000	1008	0.180
5	Blocchi in calcestruzzo	200	0.500	2.500	280.00	2.808	1000	0.400
6	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029
7	Arenaria_01	30	1.600	53.333	66.00	0.019	1000	0.019
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040

RESISTENZA = 1.428 m²K/W	CAPACITA' TERMICA AREICA (Int) = 68.816 kJ/m²K	TRASMITTANZA = 0.701 W/m²K
SPESORE = 690 mm	MASSA SUPERFICIALE = 794 kg/m²	
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.02 W/m²K	FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.03	8FA8AMENTO = -2.24 h

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

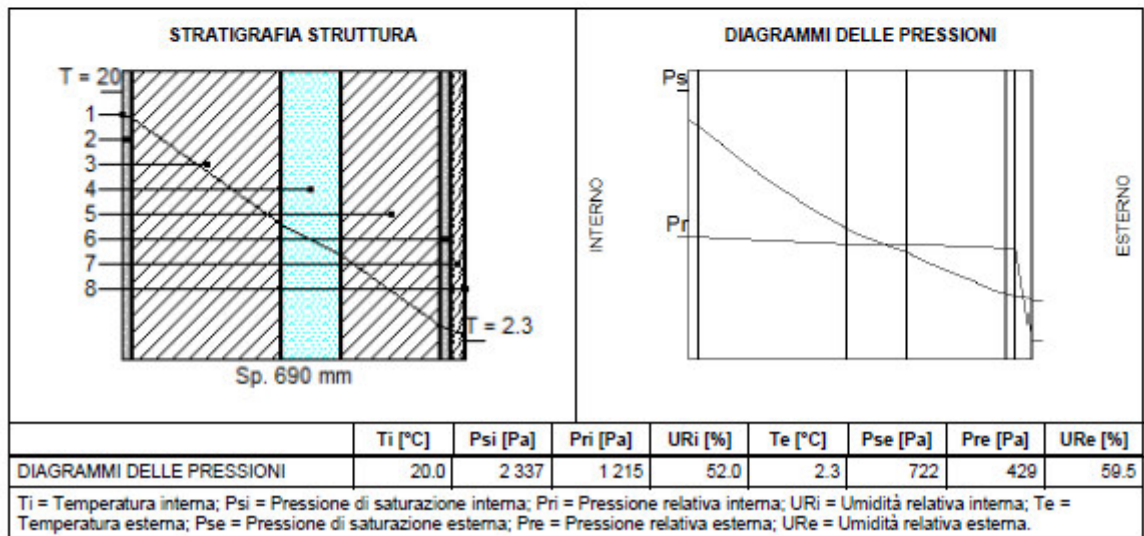


Figura 11. Stratigrafia della Muratura esterna di tipo H

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: I
 Descrizione Struttura: Muratura tipo I

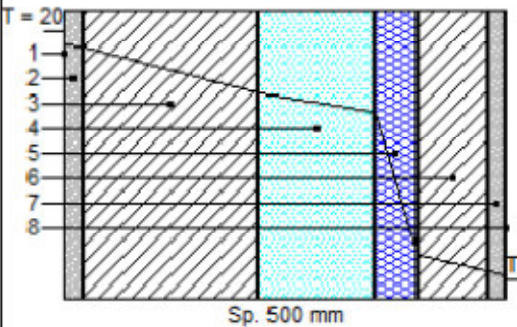
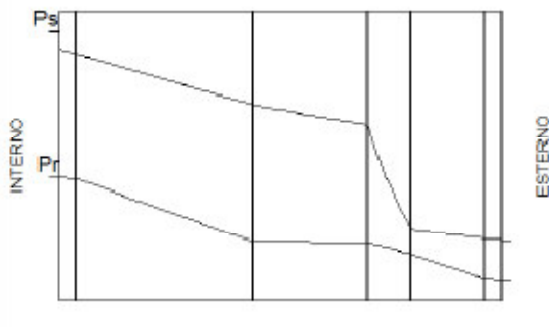
Ni.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²KW]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029	
3	Bloochi in calcestruzzo	200	0.500	2.500	280.00	2.808	1000	0.400	
4	Strato d'aria verticale da 13 cm	130	0.722	5.555	0.17	193.000	1008	0.180	
5	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.25	50	0.039	0.770	1.25	3.750	1200	1.299	
6	Bloochi in calcestruzzo	80	0.500	6.250	112.00	2.808	1000	0.160	
7	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	1000	0.029	
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 2.288 m²KW		CAPACITA' TERMICA AREICA (Int) = 57.885 kJ/m²K			TRASMITTANZA = 0.441 W/m²K				
SPESSORE = 600 mm		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.11			MASSA SUPERFICIALE = 383 kg/m²				
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.05 W/m²K		SFASEAMENTO = -10.38 h							
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..									
STRATIGRAFIA STRUTTURA 					DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI 				
		Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI		20.0	2 337	1 215	52.0	2.3	722	429	59.5
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.									

Figura 12. Stratigrafia della Muratura esterna di tipo I

I solai di copertura, in lastre predalles, sono debitamente coibentati e rifiniti superficialmente da una doppia guaina impermeabilizzante, superiormente ardesiata, a sua volta ricoperta da uno strato di ghiaino tondeggiante, mentre il piano di campagna è separato dal terreno da una intercapedine d'aria.

Nelle successive figure 13, 14 e 15 sono riportate le caratteristiche termofisiche di alcuni dei solai presenti nella struttura, di seguito elencati:

1. Solaio di tipo B costituito da uno strato di predalles, uno di isolante, uno di polistirene espanso e due strati di guaina.

2. Solaio di tipo C è un pavimento costituito da uno strato di solaio tipo predalles, uno strato costituito da massetto in calcestruzzo alleggerito , uno strato di sottofondo alleggerito e la pavimentazione interna.
3. Solaio di tipo D costituito da uno strato di solaio tipo predalles, uno di isolante, uno di polistirene espanso, uno strato di massetto in calcestruzzo alleggerito e due strati di guaina.

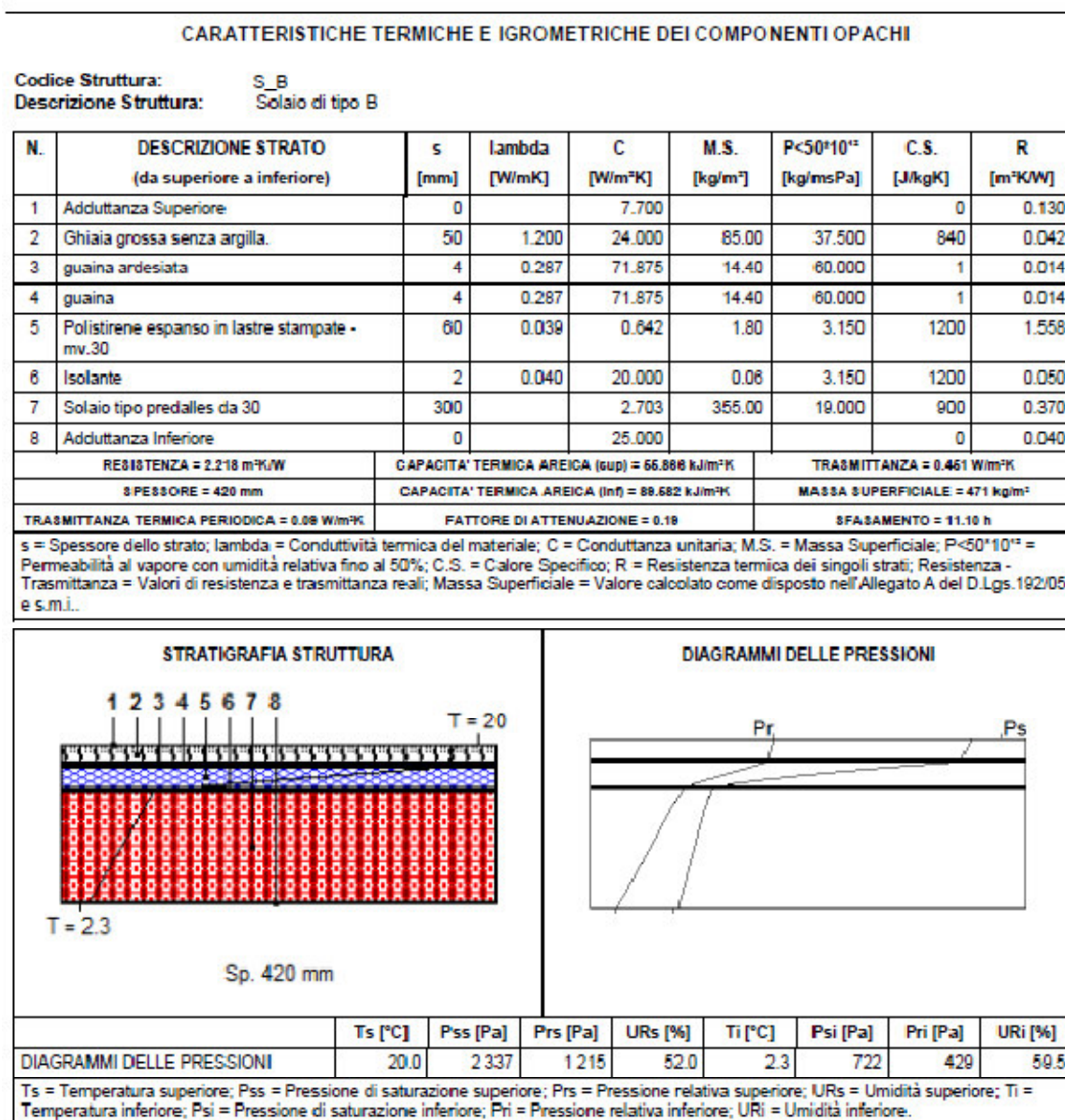


Figura 13. Stratigrafia e caratteristiche termofisiche del solaio di tipo B

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: S_C
 Descrizione Struttura: Solaio di tipo C

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0	0.130
2	Pavimentazione interna	10	1.470	147.000	17.00	193.000	1000	0.007
3	Sottofondo in calcestruzzo	40	1.400	35.000	80.00	2.600	1000	0.029
4	Massetto in calcestruzzo alleggerito	100	1.080	10.800	160.00	1.460	1000	0.093
5	Solaio tipo predalles (spessore = 400	400		2.381	577.00	18.000	900	0.420
6	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 0.718 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (sup) = 74.015 kJ/m²K			TRASMITTANZA = 1.393 W/m²K			
SPESSORE = 550 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (inf) = 101.185 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 834 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.14 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.10			SFASAMENTO = -9.34 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..

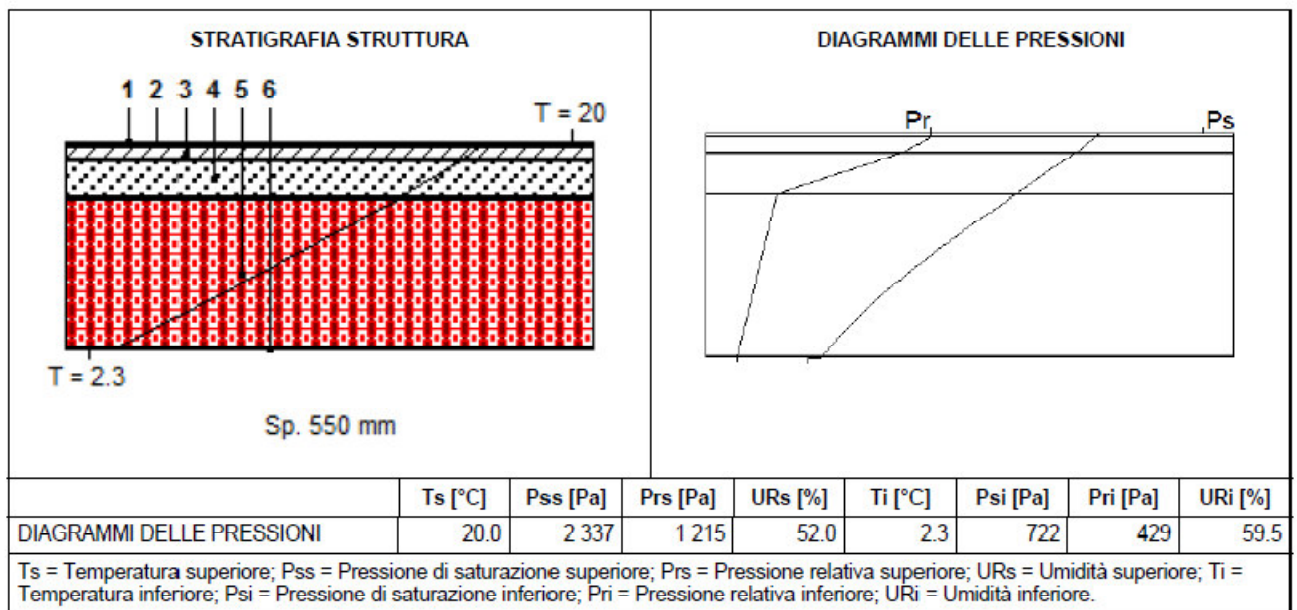


Figura 14. Stratigrafia e caratteristiche termofisiche del solaio di tipo C

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: S_D
 Descrizione Struttura: Solaio di tipo D

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ⁻² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²KW]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0	0.130
2	guaina ardesiata	4	0.287	71.875	14.40	60.000	1	0.014
3	guaina	4	0.287	71.875	14.40	60.000	1	0.014
4	Massetto in calcestruzzo alleggerito	40	1.080	27.000	64.00	1.460	1000	0.037
5	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.30	60	0.039	0.642	1.80	3.150	1200	1.558
6	Isolante	2	0.040	20.000	0.08	3.150	1200	0.050
7	Solaio tipo predalles da 30	300		2.703	355.00	19.000	900	0.370
8	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 2.218 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (cup) = 48.831 kJ/m²K			TRASMITTANZA = 0.462 W/m²K			
SPESSORE = 410 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (inf) = 89.582 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 450 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.08 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.18			SFASAMENTO = 11.16 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10⁻² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

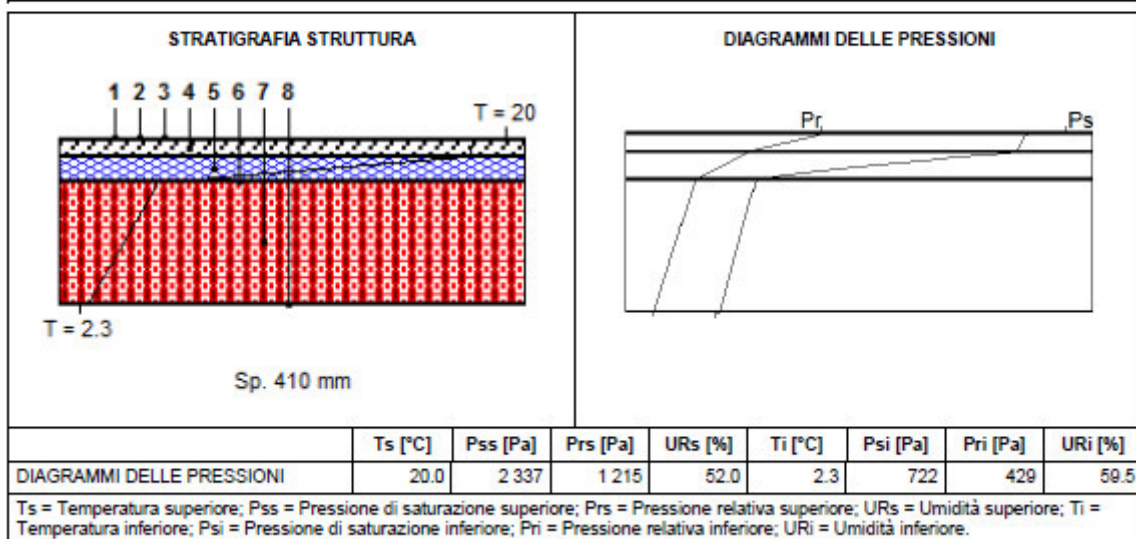


Figura 15. Stratigrafia e caratteristiche termofisiche del solaio di tipo D

4.3 Descrizione degli impianti di climatizzazione

L'impianto per la climatizzazione dell'intera struttura è costituito da quattro pompe di calore Daikin modello RXYQ14 esterne a Volume di Refrigerante Variabile (VRV) con scambiatore esterno in aria e compressore dotato di inverter posizionate sulla copertura del blocco dei servizi: ciascuna macchina è dedicata ad uno dei quattro blocchi in cui è suddiviso l'intero complesso scolastico e collegate alle unità interne che provvedono alla climatizzazione per mezzo di una propria regolazione di temperatura e microprocessore: sono state installate 5 tipologie di unità interne del tipo a cassetta a 2 o a 4 vie, per un totale di 59 macchine, sistemate nel

controsoffitto dei 4 blocchi secondo cui è suddivisa la struttura. Nella sola area adibita a cucina e sala mensa è inoltre installata un macchina VMC per i ricambi d'aria, attualmente non utilizzata.

Nelle successive tabelle 3 e 4 sono riportate le caratteristiche tecniche ed energetiche delle unità esterne e di quelle interne. In figura 16 è rappresentata invece la distribuzione delle 4 pompe di calore sul blocco servizi.

Tabella 3. Dati tecnici ed energetici delle unità esterne delle pompe di calore VRV

DATI TECNICI ED ENEGETICI DELLA POMPA DI CALORE - UNITA' ESTERNE	
Fluido frigorigeno	R410-A
Alimentazione	3-400V-50 Hz
PRESTAZIONI	
Capacità termica in riscaldamento [kW]	45,0
Potenza assorbita in riscaldamento [kW]	11,30
COP [-]	3,98
Capacità termica in raffrescamento [kW]	45,00
Potenza assorbita in raffrescamento [kW]	12,40
EER [-]	3,22
COMPRESSORE	
Tipo	Scroll (sigillato ermeticamente)
INVERTER	SI
Velocità di rotazione [rpm]	6300
N. Compressori [-]	2
Carica Refrigerante [kg]	11,3
N. Circuiti [-]	1
LIVELLI SONORI	
Pressione sonora [dbA]	60
Potenza sonora [dbA]	80

Tabella 4. Dati tecnici ed energetici delle 4 tipologie di unità interne dell'impianto di climatizzazione VRV

DATI TECNICI ED ENEGETICI DELLA UNITA' INTERNE					
Tipologia	FXZQ20A	FXZQ25A	FXZQ32A	FXZQ40A	FXZQ50A
Capacità termica in riscaldamento [kW]	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3
Potenza assorbita in riscaldamento [kW]	0,036	0,036	0,038	0,053	0,086
Capacità termica in raffrescamento [kW]	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6
Potenza assorbita in raffrescamento [kW]	0,043	0,043	0,045	0,059	0,092
Potenza sonora nominale [dbA]	49,0	54,0	51,0	54,0	60,0
Pressione sonora nominale [dbA]	32,0	33,0	33,5	37,0	43,0



Figura 16. Unità esterna installata sulla copertura del blocco servizi e unità interna a cassetta

4.4 Descrizione dell'impianto di produzione dell'ACS

L'impianto per la produzione dell'ACS è costituito da uno scaldacqua a pompa di calore con resistenza elettrica ausiliaria, alimentato da n. 3 pannelli solari termici: la tipologia impiantistica scelta è quella che al momento

consente di ottenere le migliori prestazioni energetiche in ambito civile, pertanto i consumi energetici dovuti al fabbisogno di ACS sono ridotti al minimo.

Lo scaldacqua a pompa di calore è di marca Cordivari, modello BollyTherm da 300 litri, ventilatore di espulsione aria da 650 m³/h canalizzato, resistenza elettrica di integrazione da 1,5 kW, coibentazione in poliuretano espanso rigido e prestazioni energetiche dichiarate dal costruttore in classe A. I collettori solari sono piani di tipo vetrato, ciascuno da 2,2 m² lordi, con inclinazione di circa 45° a sud. L'impianto solare termico è del tipo a circolazione forzata e dotato di fluido antigelo.

L'impianto solare termico così costituito, stimando un rendimento di copertura del fabbisogno di energia termica del 65-70%, è in grado di coprire circa 4200/4400 kWh di energia termica per il fabbisogno di ACS.

In tabella 5 e in figura 6 sono riportate le caratteristiche tecniche dello scaldacqua a pompa di calore.

Tabella 5.Dati tecnici ed energetici delle 4 tipologie di unità interne dello scaldacqua a pompa di calore

DATI TECNICI ED ENEGETICI DELLO SCALDACQUA A POMPA DI CALORE	
Volume di accumulo [litri]	300
Fluido frigorifero	R134a
Alimentazione	1-230V-50 Hz
Tipo di coibentazione	Poliuretano espanso rigido
Assorbimento elettrico da PdC [kW]	0,805
Assorbimento elettrico da resistenza elettrica integrativa [kW]	1,50
COP (con riscaldamento dell'acqua da 15 °C a 55 °C e temperatura dell'aria esterna a 20 °C) [-]	2,91
Capacità termica in raffrescamento [kW]	45,00
Potenza assorbita in raffrescamento [kW]	12,40
Temperatura Ambiente min/max [°C]	3,22
Tempo di preriscaldamento dell'acqua (da 15 °C a 55 °C con temperatura dell'aria esterna a 20 °C) [min]	353
Carica Refrigerante [kg]	0,800
Potenza sonora [dbA]	59



Figura 17. Impianto solare termico con scaldacqua a pompa di calore installato presso la scuola dell'infanzia

4.5 Descrizione dell'impianto solare fotovoltaico

Sulla copertura del blocco dei servizi è stato collocato un campo solare fotovoltaico da 10 kW_p composto da n. 40 pannelli solari ciascuno da 250 W_p distribuiti su 5 file (fig. 18) esposte a sud con inclinazione di 5°. L'impianto è stato allacciato alla rete Enel solo pochi giorni prima l'elaborazione del presente lavoro, pertanto non è possibile basarsi su uno storico della produzione effettiva, tuttavia è possibile ipotizzare una produzione limitata e non superiore a 1200 kWh/anno, considerando i vari ombreggiamenti che insistono su alcuni pannelli, e quindi su alcune stringhe, dovuti sia ai parapetti laterali sia alle unità esterne per il condizionamento ambientale (tre di esse sono infatti state sistemate tra una fila e l'altra del campo fotovoltaico).



Figura 18. Campo fotovoltaico da 10 kW installato sul blocco dei servizi

4.6 Sistema di illuminazione interna

Per l'illuminazione delle aree interne sono state adottate varie tipologie di corpi illuminanti, con totale uso della tecnologia fluorescente: si tratta di lampade fluorescenti tubolari e compatte di varia potenza a servizio delle diverse zone: in particolare nelle zone ad uso continuo come le aule sono stati utilizzati apparecchi per tubolari fluorescenti del tipo 4x14, nei locali di passaggio, come corridoi e disimpegni, apparecchi per fluorescenti compatte con attacchi E27 del tipo 2X26 e negli antilocali per lo sporzionamento apparecchi per tubolari fluorescenti 2x36; nei locali ad uso più discontinuo, come gli spogliatoi, sono state sistemate lampade tubolari singole di 18 o 36 W. Infine nelle aree esterne sono stati sistemati lampade tubolari fluorescenti incassate a pavimento da 21, 49 o 54 W. Sempre all'esterno si possono contare 15 apparecchi a ioduri metallici da 70 W.

In figura 19 sono rappresentate alcune di queste lampade presenti nelle aule e nei corridoi comuni.

Alle varie lampade è stato attribuito un numero di ore effettivo di accensione in funzione della destinazione d'uso delle zone.

L'assorbimento elettrico totale dei corpi illuminanti è pari a 17,2 kW (considerando anche il contributo dei reattori).



Figura 19. Alcune lampade e apparecchi installati nelle aree interne della struttura

Tabella 6. Elenco dei corpi illuminanti installati nelle aree interne e loro caratteristiche energetiche

TIPOLOGIA DI SORGENTI LUMINOSE	NUMERO DI APPARECCHI	POTENZA TOTALE ASSORBITA DAI CORPI ILLUMINANTI [W]
Fluorescente compatta 2x26	112	5824
Fluorescente tubolare 4x14	121	6776
Fluorescente tubolare 1x18	2	36
Fluorescente tubolare 1x21	19	399
Fluorescente tubolare 1x36	18	648
Fluorescente tubolare 1x49	4	196
Fluorescente tubolare 1x54	4	216
Fluorescente tubolare 2x36	8	576
Lampada a ioduri metallici da 70 W	15	700
Totale	303	15371

4.7 Altre utenze elettriche presenti nella struttura

Attualmente la struttura è utilizzata per i 2/3 dell'intero corpo, in quanto ancora non risulta insediato l'Asilo Nido, che risulterà comunque molto imminente. Il sopralluogo effettuato all'interno degli ambienti della struttura ha permesso di censire le utenze elettriche attualmente presenti e valutarne l'uso presunto sulla base delle informazioni raccolte inerente l'uso degli spazi: trattandosi di una struttura adibita a scuola materna, non sono presenti molte utenze elettriche e la maggior parte di esse è sistemata nella sala educatori: si tratta di un computer con monitor, una stampante, un distributore di bevande calde e un frigorifero (fig. 20).



Figura 20. Utenze elettroniche ed informatiche presenti nello stabile

5 Analisi dei consumi energetici

5.1 Prelievi di energia elettrica dal servizio elettrico nazionale

Un primo esame dei consumi elettrici attuali è stato ricavato dall'analisi delle bollette di fornitura di energia elettrica. L'attuale fornitore è Enel Energia (da aprile 2016), società appartenente al libero mercato dell'energia. L'utenza in esame, entrata a regime di funzionamento solo nel 2016, presenta comunque una tipologia di contratto con tariffazione multioraria "per altri usi", potenza elettrica impegnata pari a 60 kW con fornitura in bassa tensione a 380 V.

I grafici 21 e 22 riportano i prelievi di energia elettrica dalla rete per gli anni 2016 e i mesi da aprile a giugno del 2017 (non è stato possibile reperire i dati relativi ai primi 3 mesi del 2017 né dalle fatture né dal sito enel distribuzione): questi prelievi coincidono con i consumi effettivi delle utenze presenti nella struttura, dal momento che l'impianto fotovoltaico non era ancora allacciato alla rete. I dati reperiti mostrano che i consumi energetici sono significativi soprattutto nei mesi invernali quando i fabbisogni di climatizzazione sono maggiormente elevati, mentre nei mesi estivi tale situazione è scongiurata dal fatto che a luglio e ad agosto la struttura resta chiusa (infatti i consumi elettrici sono persino inferiori ai mesi aprile, maggio o ottobre quando le attivazioni dell'impianto di climatizzazione sono nulle o poco incidenti), pertanto gli impianti di condizionamento risultano accesi solo a giugno (metà mese) e settembre (quando i carichi sono ridotti). La replicabilità dei dati nei mesi di aprile, maggio e giugno 2017 rispetto agli stessi mesi del 2016 rappresenta

comunque una buona indicazione per la quantificazione dei consumi energetici generali. Il consumo annuale si ai 35 MWh, di cui circa 14 MWh sono associabili al funzionamento degli impianti per la climatizzazione.

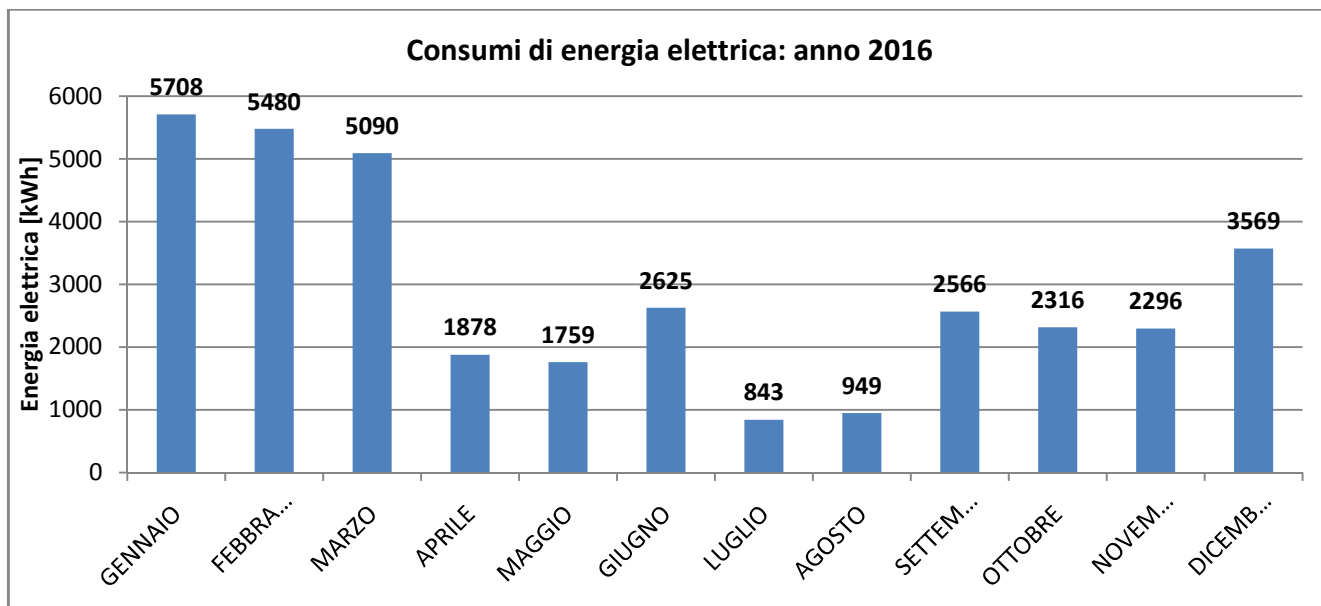


Figura 21. Andamento mensile dei prelievi di energia elettrica da rete. Anno 2016

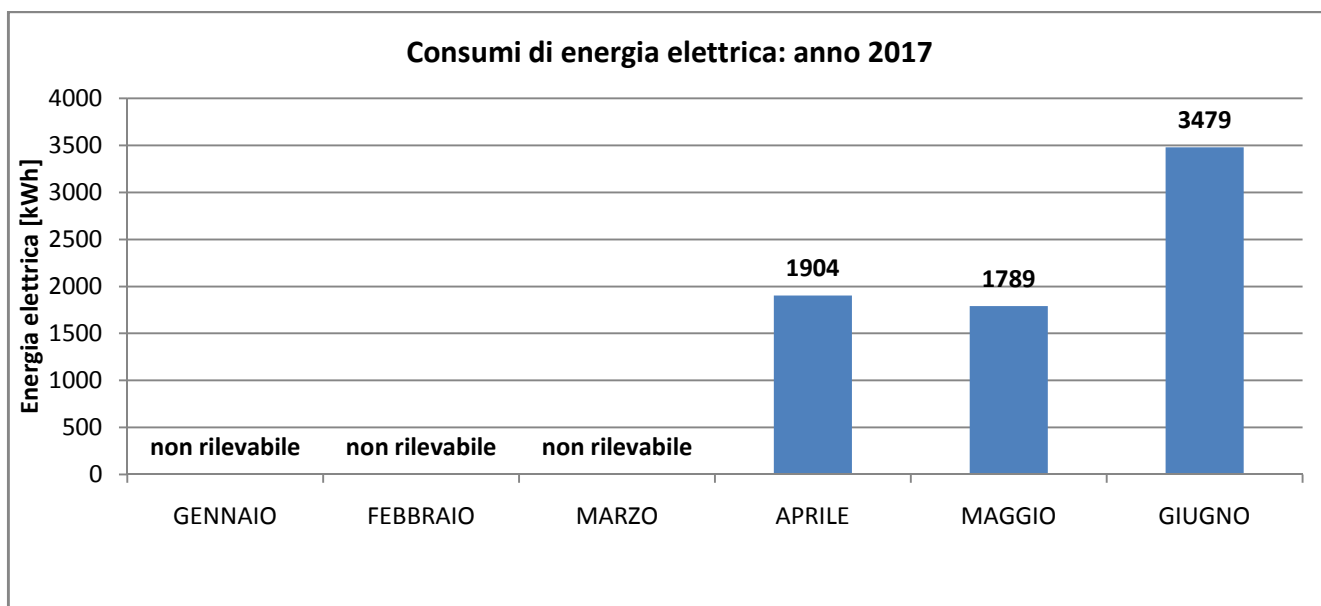


Figura 22. Andamento mensile dei prelievi di energia elettrica da rete. Anno 2017

Un'analisi più accurata delle bollette di energia elettrica, tradotte graficamente nella figura23 evidenzia che per l'anno 2016 l'utenza tende a prelevare valori mediamente elevati in fascia F1(il consumo in F3 arriva anche ad

essere il doppio della somma F2 e F3) nei mesi in cui si presume l'accensione degli impianti di condizionamento, mentre nei mesi estivi di luglio e agosto i prelievi in fascia F1, F2 e F3 non presentano grosse variazioni, a conferma dell'incidenza dell'impianto di condizionamento. Da osservare che il maggiore rapporto tra $F1/(F2+F3)$ si ottiene nel mese di giugno: infatti in questo periodo diminuiscono sensibilmente anche le ore di accensione degli apparecchi di illuminazione, che rappresentano la seconda voce di prelievo in termini energetici.

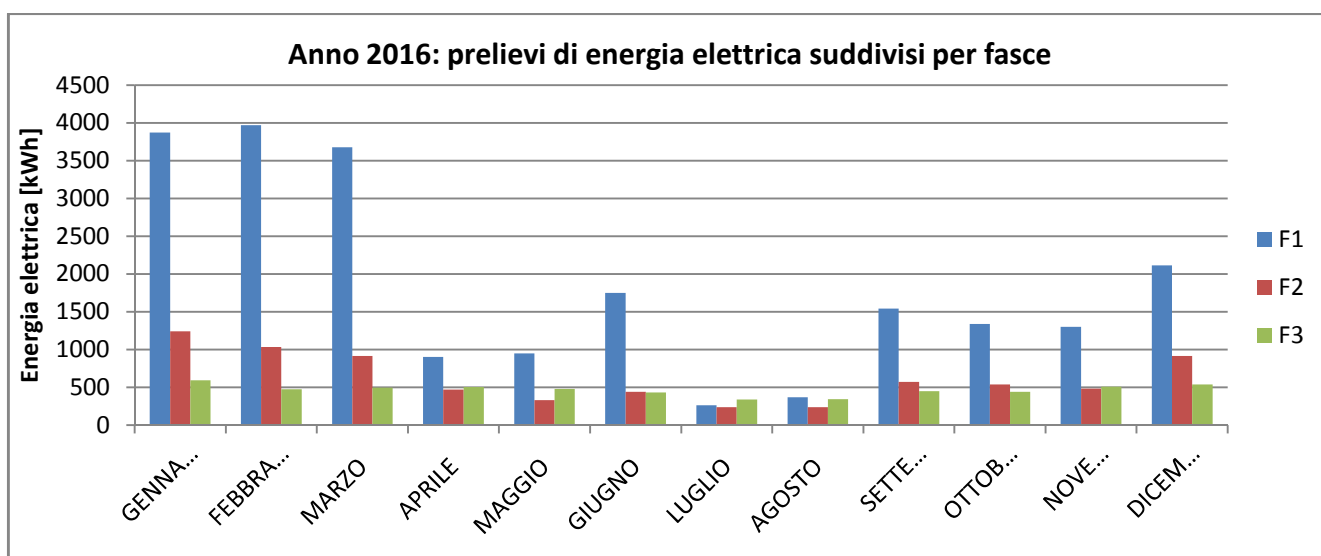


Figura 23. Prelievi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce. Anno 2016

In definitiva l'analisi dei consumi reali della struttura consente di ricavare le seguenti informazioni:

1. i consumi energetici della struttura non presentano una serie di dati storici sufficientemente lunga, anche se l'analisi dei dati disponibili consente di affermare che essi sono con buona approssimazione attendibili rispetto all'utilizzo attuale della struttura e alle utenze in essa presenti;
2. nell'anno completo disponibile, i maggiori prelievi in fascia F1 verificatisi nei mesi invernali e in quelli estivi, in cui si presume l'utilizzo della climatizzazione dei locali, è da attribuire agli impianti di condizionamento;
3. i mesi di ottobre, aprile e maggio sono particolarmente utili per individuare i consumi della struttura quando non è necessaria la climatizzazione dei locali e attribuire ad essi i consumi elettrici medi annuali dell'edificio che includono produzione di ACS, illuminazione e altre utenze elettriche presenti nella struttura;

4. nella costruzione del modello energetico si dovrà tenere in considerazione l'utilizzo a regime della struttura, che dal prossimo anno ospiterà anche l'Asilo Nido nella terza ala: attualmente si stima un consumo energetico pari a circa 2/3 di quello a regime.

6 Caratterizzazione del modello energetico

6.1 Consumi di energia elettrica delle utenze presenti

La valutazione dei consumi energetici è stata effettuata considerando quello che sarà il funzionamento previsto a regime della struttura, basandosi sui consumi della struttura secondo l'uso attuale e i dispositivi presenti.

Ai fini della costruzione del modello energetico, si stima che i consumi attuali rappresentino circa 2/3 dei consumi a pieno regime: infatti allo stato attuale un'intera ala, che ospiterà l'asilo nido, e una parte del blocco dei servizi, non vengono utilizzati.

Il censimento energetico di tutte le utenze presenti nella *Scuola dell'Infanzia e Asilo Nido* del comune di Sanluri ha permesso di individuare i consumi energetici previsti associando le potenze elettriche medie effettive alle ore di funzionamento, in base alle informazioni acquisite in campo e all'analisi desk sulle caratteristiche energetiche della strumentazione censita. La stessa analisi dettagliata è stata eseguita sugli apparecchi di illuminazione presenti, considerandone l'uso, le caratteristiche dell'impianto di illuminazione e le sorgenti illuminanti. Sui consumi dell'impianto di condizionamento e dello scaldacqua a pompa di calore per usi sanitari sono state fatte le valutazioni indicate in nota.

Nella tabella 5 sono riportati i consumi di energia elettrica associati alle utenze elettriche presenti, moltiplicando le ore di funzionamento dei vari dispositivi elettrici presenti per la potenza elettrica effettiva di utilizzo degli stessi. Per quanto riguarda utenze elettriche ad uso saltuario, come stampanti, apparecchi di illuminazione in aree a presenza occasionale, macchine di distribuzione delle bevande, ecc...si è fatta una valutazione sulla frequenza di utilizzo. Nell'ultima colonna sono state riportate le percentuali dei consumi elettrici rispetto al totale generale, in modo da valutare il peso relativo di ciascuna utenza presente nella struttura.

Tra le utenze sono considerati tutti i dispositivi elettrici inerenti l'impiantistica, come gli estrattori d'aria, le pompe di circolazione dell'impianto di produzione dell'ACS e delle macchine interne dell'impianto VRV. Le altre utenze elettriche presenti sono molto limitate e di conseguenza incidono poco sull'assorbimento generale.

Tabella 7. Ripartizione dei consumi di energia elettrica tra le diverse utenze presenti nella struttura energetica e relative percentuali

DISPOSITIVO	RIPARTIZIONE/DESCRIZIONE	POTENZA ELETTRICA NOMINALE ¹ [kW]	POTENZA ELETTRICA MEDIAASSORBITA [kW]	ORE FUNZIONAMENTO [h/anno]	ENERGIA ELETTRICA CONSUMATA [kWh/anno]	PERCENTUALE RISPETTO AL CONSUMO ELETTRICO TOTALE
IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E PRODUZIONE DI ACS	POMPE DI CAPORE ESTERNE VRV PER RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO	49,60	28,9	800	23102 ¹	43,77%
	UNITA' INTERNE VRV	3,42	2,40	800	1916	3,63%
	TORRINI DI ESTRAZIONE PER IL RICAMBIO D'ARIA	1,40	1,40	2000	2800	5,30%
TERMINALI E AUSILIARI DI CENTRALE TERMICA	SCALDACQUA A POMPA DI CALORE PER LA PRODUZIONE DI ACS	0,81	0,70	-	820 ²	1,55%
	POMPA DI CIRCOLAZIONE SOLARE TERMICO	0,68	0,51	290	148	0,28%
	ELETTROPOMPA DI RICIRCOLO ACS	0,02	0,02	4800	72	0,14%
ILLUMINAZIONE	FLUORESCENTI TUBOLARI 4X14W	6,78	7,79	1600	12468	23,62%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 1X18W	0,04	0,04	24	1	0,00%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 2X26W	5,82	5,82	1280	7455	14,12%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 1X36W	0,65	0,75	800	596	1,13%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 2X36W	0,58	0,66	600	397	0,75%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 1X21W	0,40	0,46	800	367	0,70%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 1X49W	0,20	0,23	800	180	0,34%
	FLUORESCENTI TUBOLARI 1X54W	0,22	0,25	800	199	0,38%
LAMPADA A IODURI METALLICI DA 70 W	1,05	1,16	533	616	1,17%	
COMPONENTI ELETTRONICI E INFORMATICI	COMPUTER	0,20	0,14	1600	224	0,42%
	MONITOR	0,10	0,07	1600	112	0,21%
	STAMPANTE	1,00	0,50	50	25	0,05%
ALTRE UTENZE ELETTRICHE	DISTRIBUTORE BEVANDE	1,30	1,30	200	260	0,49%
	FRIGORIFERO	0,25	0,10	8760	876	1,66%
	SCALDAVIVANDE SALA MENSA	0,75	0,75	200	150	0,28%

NOTE:

¹Calcolato sulla base della modellazione energetica della struttura nelle condizioni di funzionamento a regime

²Calcolato sulla base del fabbisogno energetico di ACS e su una percentuale di copertura del 65% di tale fabbisogno con l'impianto solare termico

6.2 Validazione del modello di calcolo

Il calcolo dei valori corrispondenti all'energia elettrica consumata per la climatizzazione estiva ed invernale dei locali e la produzione di ACS è stato eseguito con l'ausilio del modello di calcolo per individuare i fabbisogni termici della struttura ed effettuando un allineamento in base ai fattori di carico e alle ore di funzionamento annuo.

Questo approccio ha consentito di ricavare non solo i valori di riferimento nominali relativi ai consumi energetici associati al condizionamento ambientale, estivo ed invernale, e ai fabbisogni di ACS, ma anche la ripartizione percentuale degli stessi consumi energetici da associare alle dispersioni dell'involucro, alla ventilazione, agli eventuali apporti solari e interni gratuiti, in modo da ottenere un'allocazione attendibile dei consumi energetici globali ai vari centri di consumo individuati.

In particolare i consumi di energia elettrica associati alla pompa di calore sono stati ricavati considerando sia le reali condizioni di utilizzo a regime della struttura, sia le prestazioni medie delle macchine in funzione delle temperature esterne della località di riferimento, basate sullo studio dell'andamento del COP teorico o limite (e ipotizzando che lo stesso comportamento delle prestazioni venga seguito dal COP reale - vedi figura 24): poiché il COP limite è funzione delle sole temperature delle sorgenti di scambio termico interno ed esterno (SET inferiori e superiori rispetto al ciclo di funzionamento della macchina frigorifera) è possibile applicare la variazione di valore di questo sul COP reale dichiarato dal costruttore.

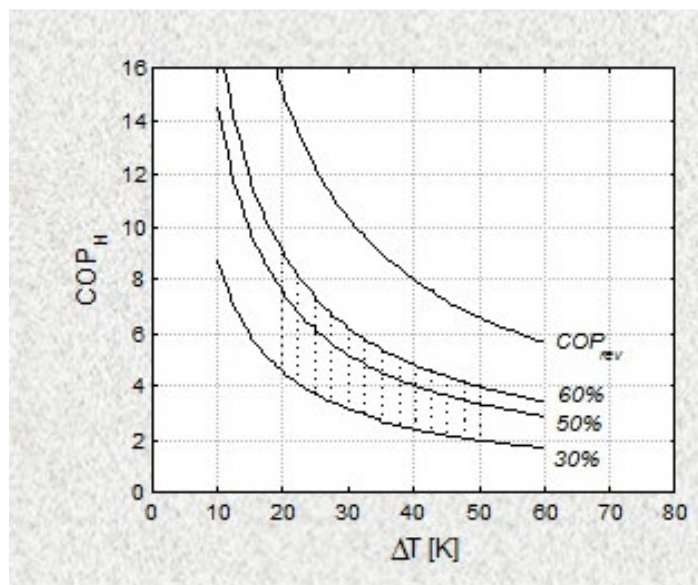


Figura 24. Variazione del COP reale al variare del COP limite in funzione della differenza di temperatura tra sorgente calda e sorgente fredda

La modellazione dei fabbisogni dell'edificio in condizioni standard è stato effettuato mediante l'utilizzo del software Termus - Acca Software (conforme alle norme UNI-TS 11300) secondo il metodo di calcolo prescritto dalla normativa vigente.

Il metodo di calcolo previsto dall'attuale normativa italiana è su base mensile: la domanda di energia per climatizzazione ($Q_{H,nd}$, in inverno e $Q_{C,nd}$, in estate) dell'edificio o dello spazio servito dall'impianto, è calcolata in base alle seguenti equazioni di bilancio diversa a seconda che ci si trovi nella stagione di riscaldamento o di raffreddamento:

$$(1) \quad Q_{H,nd} = Q_{ls} - \eta_{H,gn} * Q_{gn}$$

$$(2) \quad Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} * Q_{gls}$$

essendo per l'equazione (1):

- Q_{ls} l'energia termica per trasmissione e ventilazione (dispersioni)
- Q_{gn} l'energia termica derivante dagli apporti gratuiti (da radiazione solare e apporti interni)

- $\eta_{H,gn}$ il fattore di utilizzo degli apporti gratuiti

e per l'equazione (2)

- Q_{gn} l'energia termica (o i carichi termici) dovuti alla radiazione solare e gli apporti interni
- Q_{gl} l'energia termica di dispersione dall'edificio
- $\eta_{C,ls}$ è il fattore di utilizzo dell'energia termica da dispersione

Si può notare che in queste equazioni non compare esplicitamente un termine che rappresenti l'energia termica accumulata dalle masse dell'edificio: infatti dei fenomeni di accumulo e restituzione di calore si tiene conto attraverso i coefficienti di utilizzazione degli apporti termici ($\eta_{H,gn}$) e delle dispersioni termiche ($\eta_{C,ls}$). Questi coefficienti sono direttamente proporzionali alla capacità termica C efficace ed ai guadagni, mentre sono inversamente proporzionali al coefficiente globale di scambio termico H , dunque alle dispersioni.

Pertanto nella trattazione della presente diagnosi i vari termini nell'equazione (1) e (2) sono stati ripartiti secondo i risultati restituiti dal modello energetico e ad essi sono stati attribuiti i consumi di energia elettrica della pompa di calore per coprire i carichi individuati, come da successiva tabella 6.

Tabella 8. Fabbisogni di energia termica ottenuti dalla modellazione dell'edificio

FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA [kWh]	
TRASMISSIONE	134009
VENTILAZIONE	21771
APPORTI GRATUITI	67366
APPORTI SOLARI E INTERNI	116397
CONTRIBUTO DA DISPERSIONE E ACCUMULI	61314
ACS	4996

In base ai fattori di aggiustamento applicati ai coefficienti di prestazione estivi ed invernali della pompa di calore (COP e EER) come da figura 24, è stato possibile associare il consumo elettrico atteso per le esigenze di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e ACS.

Per quanto riguarda la restante parte dei consumi elettrici riportati in tabella 7 (illuminazione e altre utenze elettriche), si è proceduto con una verifica dei valori calcolati, utilizzando le informazioni ottenute dai prelievi di energia elettrica nei mesi dove presumibilmente l'impianto di condizionamento non è stato utilizzato o comunque presenta una incidenza trascurabile, e infine aumentando di 1/3 i valori registrati al 2016 per tenere conto dei consumi energetici della struttura a regime con il popolamento della terza ala: si ottiene pertanto un

valore di 23,8 MWh/anno contro i 23,9 MWh/anno ottenuti dalla tabella 7, scostamento che consente di validare il modello energetico costruito.

6.3 Ripartizione dei consumi di energia elettrica per centri di consumo

Una volta ottenuto il quadro dei consumi di energia elettrica di tutte le utenze, è possibile ripartire i consumi energetici tra le attività/servizi presenti. Riprendendo il diagramma di flusso degli usi energetici di figura 2, si ottiene il modello energetico definitivo, dove i consumi di energia elettrica sono ripartiti tra i centri di consumo individuati con le rispettive sottoripartizione principali.

Si evidenzia che la maggior parte dei consumi elettrici (il 43,8%) è da attribuire agli assorbimenti delle pompe di calore VRV collocate all'esterno della struttura. I consumi dovuti alla produzione di ACS sono trascurabili per via della presenza dell'impianto solare termico e della tecnologia a pompa di calore che consente di ridurre al minimo questo servizio. L'illuminazione rappresenta il secondo centro di consumo più energivoro, con il 42,2% dei consumi totali della struttura. Le altre utenze elettriche, come per l'ACS, ricoprono una percentuale trascurabile. La distribuzione percentuale tra i vari centri di consumo principali individuati è riportato nel grafico di figura 26.

I risultati ottenuti si ritengono perfettamente in linea con quelli attesi dalla struttura in esame sia in riferimento alla destinazione d'uso della stessa che agli impianti presenti: le esigenze per la climatizzazione e la ventilazione dei locali e quelle dell'illuminazione ricoprono insieme più del 90% dei consumi totali, grazie anche alla quota molto ridotta per la produzione di ACS: i sistemi di ventilazione presenti per l'estrazione dell'aria ricoprono invece solo il 5,3% dei consumi totali.

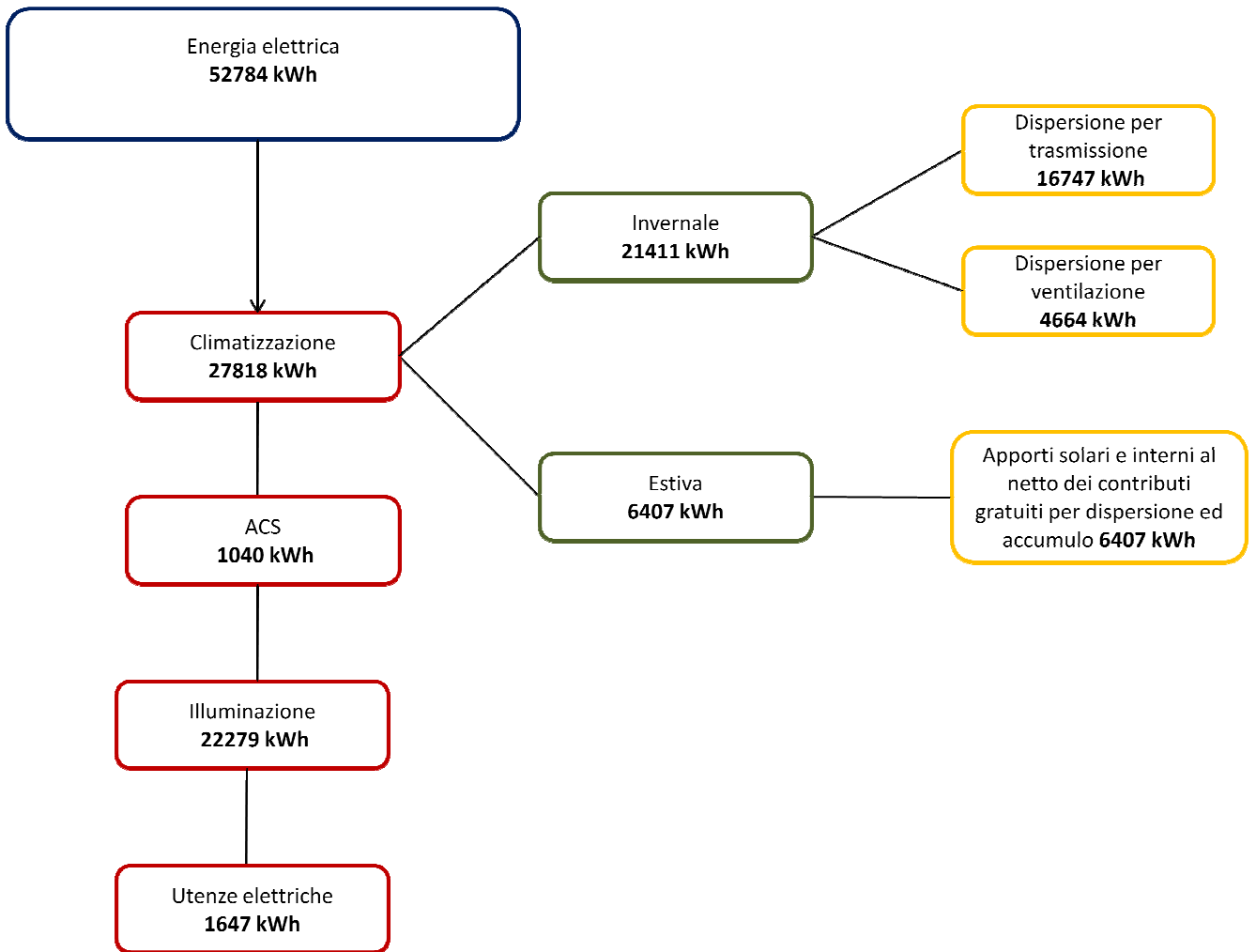


Figura 25. Suddivisione dei consumi di energia elettrica rispetto al modello energetico di riferimento

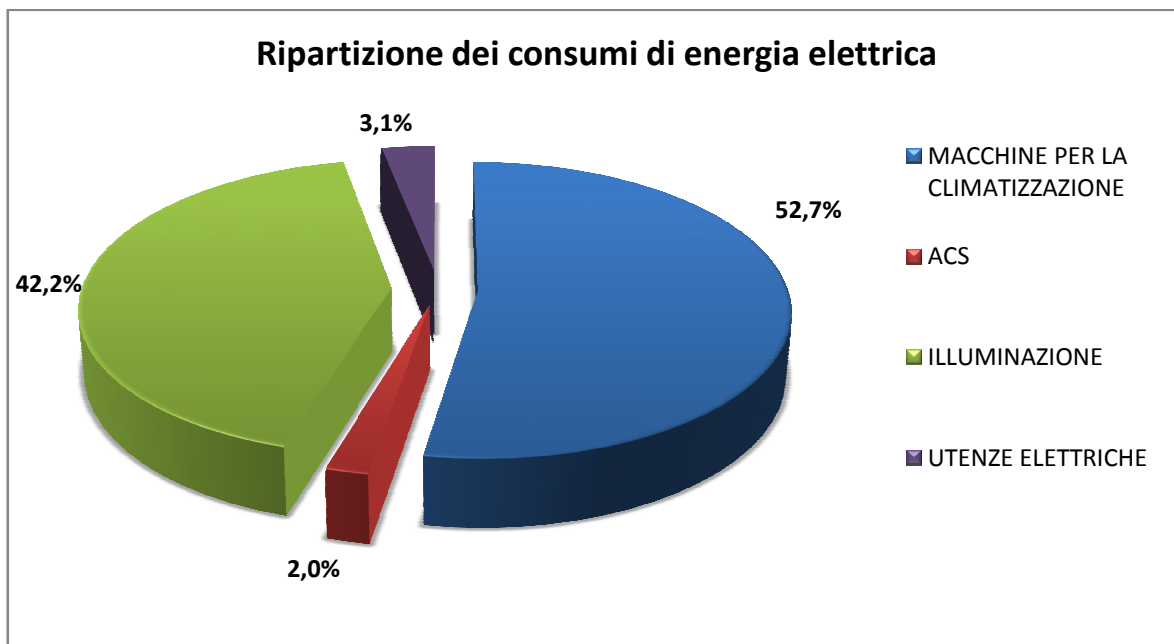


Figura 26. Ripartizione percentuale dei consumi di energia elettrica tra i principali centri di consumo presenti

I consumi di energia elettrica per la climatizzazione costituiscono il 52,7% dei consumi totali: essi sono ripartiti in 23,0% per la stagione estiva e in 77,0% nella stagione invernale (figura 27). Questa suddivisione è di particolare importanza in quanto l'ausilio fornito dall'impianto fotovoltaico, di recente collegato alla struttura, non permette di ottenere grandi benefici per 2 motivi:

1. la produzione ipotizzata in circa 12.000 MWh/anno è nettamente inferiore alla quota parte dei consumi attribuibili alla climatizzazione (28 MWh/anno circa);
2. la maggior parte di questa produzione avviene in un periodo, quello estivo, in cui la struttura è chiusa, fattore che spiega anche lo spostamento elevato sui fabbisogni della climatizzazione invernale.

Pertanto sarebbe sicuramente necessario e opportuno prevedere un ampliamento dell'impianto e cambiarne la configurazione favorendo l'accumulo della produzione con l'ausilio di sistemi di storage.

Una ulteriore sottoripartizione dei consumi di energia elettrica è stata associata alle varie componenti individuati dalle equazioni (1) e (2), come da modellazione energetica. In particolare nella stagione invernale sono stati quantificati gli assorbimenti elettrici associati alla trasmissione e alla ventilazione, al netto degli apporti gratuiti dovuti sia agli effetti di accumulo della radiazione solare che ai contributi interni: ovviamente tale ripartizione è solo fittizia, ma molto utile per una eventuale valutazione dei risparmi energetici che si possono ottenere agendo solo su determinati componenti sull'edificio (figure 27 e 28). In figura 29 sono

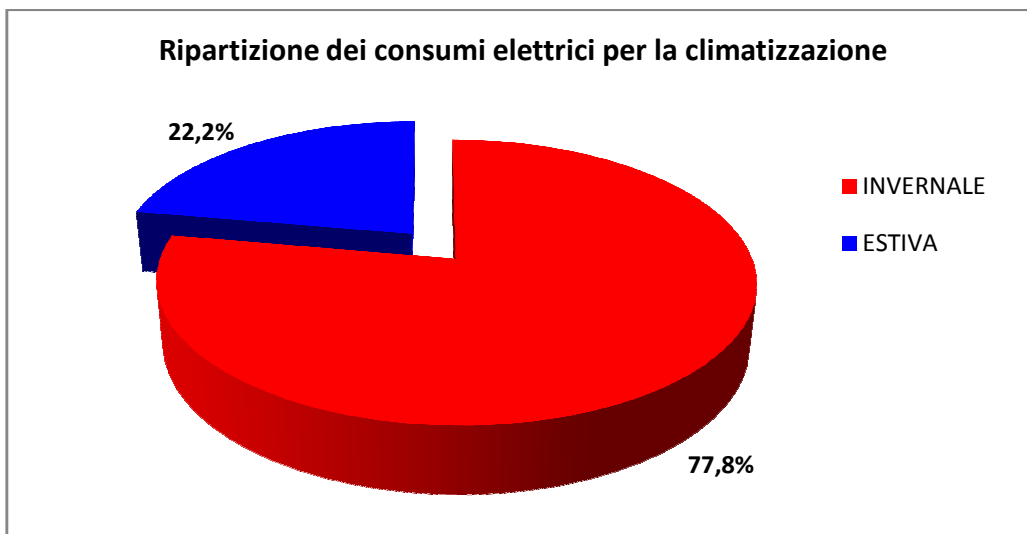


Figura 27. Ripartizione tra i consumi di energia elettrica delle PdC per la climatizzazione estive ed invernale

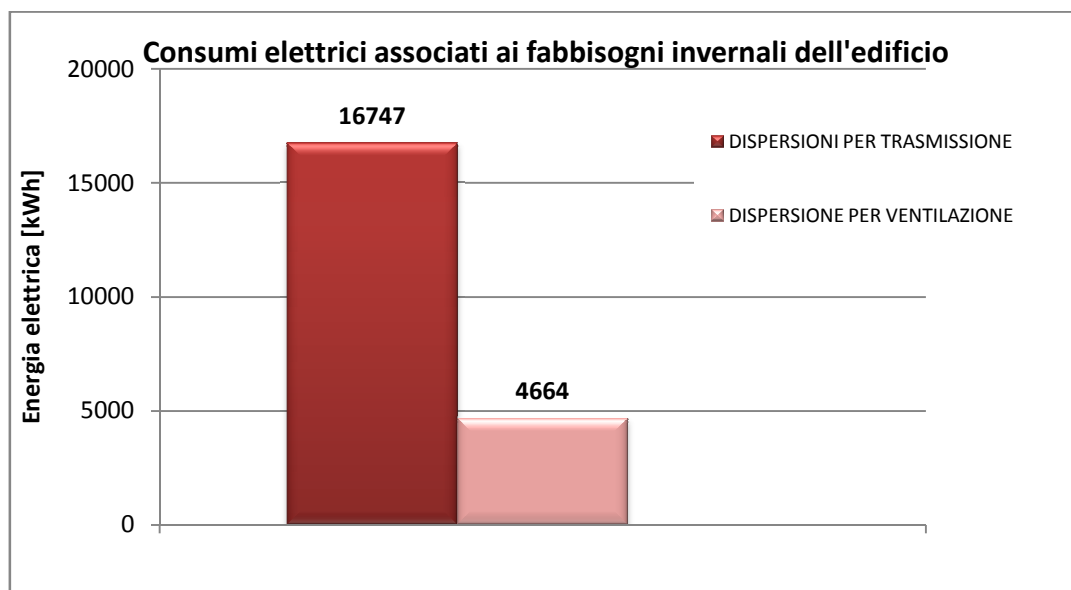


Figura 28. Ripartizione degli assorbimenti elettrici trasmissione e ventilazione come da modello energetico

6.4 Indici di prestazione energetica dell'edificio

Come evidenziato nel paragrafo precedente, l'analisi dei consumi energetici ha preso in considerazione i consumi di energia elettrica, stimati in 52,784 MWh/anno: tali consumi coprono la quasi totalità dei fabbisogni energetici previsti nell'edificio nelle attuali condizioni di regime.

I consumi di energia elettrica derivano dal rendimento medio di produzione nazionale di energia elettrica degli impianti di produzione centralizzati e non, pertanto per poter avere un quadro generale dei consumi energetici complessivi si può fare riferimento all'energia primaria espressa in TEP (Tonnellata Equivalente di Petrolio). Il fattore di conversione utilizzato è il seguente:

$$1 \text{ kWh di energia elettrica} = 0,187 \times 10^{-3} \text{ TEP}$$

Il vettore energia elettrica si riferisce all'utilizzo energetico presso l'utente finale, pertanto è necessario prendere in considerazione il fatto che la stessa energia elettrica è stata prodotta tramite la combustione di combustibili fossili in centrale.

Il fabbisogno complessivo in TEP risulta pertanto pari a 13,196 TEP.

In figura 31 si riporta la ripartizione dei consumi di energia primaria in TEP tra i 3 centri di consumo individuati: condizionamento (estivo e invernale), illuminazione e altre utenze elettriche.

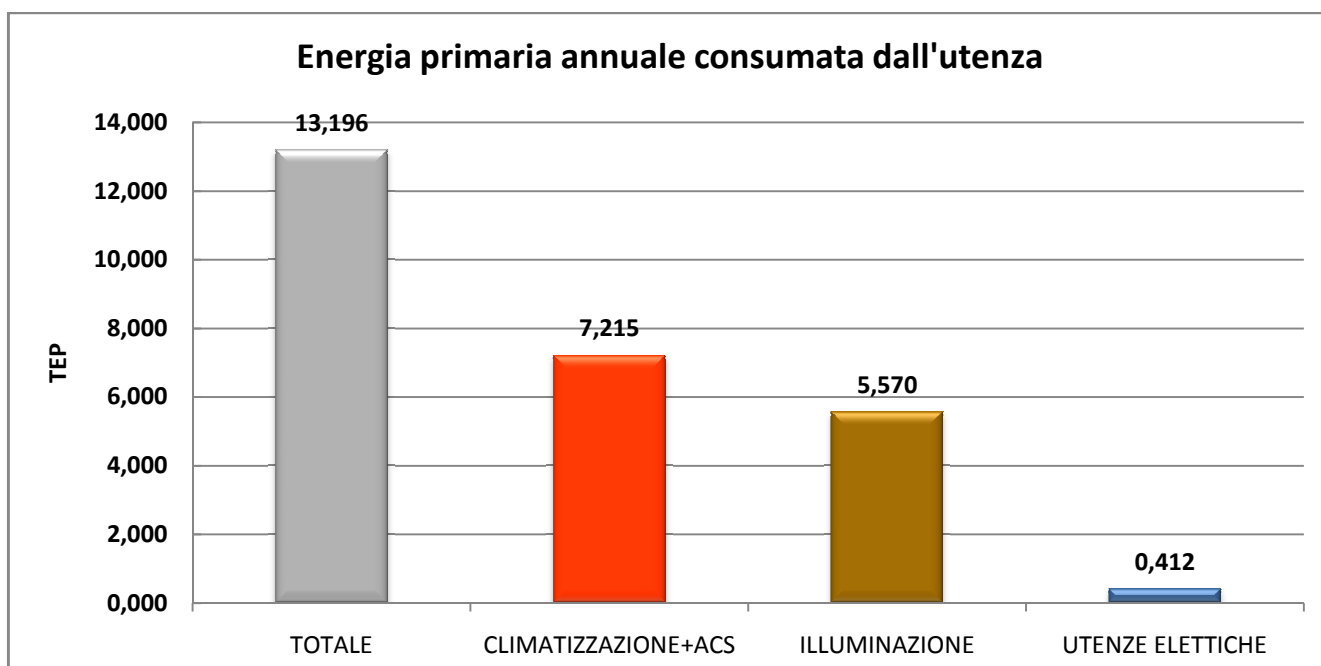


Figura 29.. Energia primaria espressa in TEP tra i vari centri di consumo individuati per l'edificio in esame

A partire dai consumi di energia primaria, è possibile ricavare alcuni indicatori di performance (i cosiddetti ENergy Performance Indexes, o ENPIs), che forniscono un valore numerico relativo all'efficienza energetica della struttura energetica analizzata. La costruzione degli ENPIs si basa sulla normalizzazione del quantitativo

di energia consumato da un'utenza rispetto a una o più variabili che lo influenzano in maniera diretta e che ad esso sono naturalmente correlate.

Gli ENPIs permettono di condensare le prestazioni energetiche di un'utenza o di un processo all'interno di un unico numero che, monitorato nel tempo, risulta utile ai fini di:

- valutare in continuo l'efficienza energetica dell'organizzazione e individuare eventuali decadimenti anomali, legati per esempio a un guasto o a un malfunzionamento di qualche apparecchiatura;
- stimare il potenziale di miglioramento di consumo energetico (o un processo produttivo nel caso dell'industria) rapportando il valore reale dell'indicatore registrato sul sito con un valore di riferimento (per esempio una baseline di mercato se disponibile);
- verificare l'efficacia di un intervento migliorativo attraverso il confronto tra gli indicatori prima e dopo la sua realizzazione.

La tabella 9 riporta i valori dell'indice di prestazione energetica, ottenuti normalizzando i TEP rispetto alla superficie utile dell'edificio ed esprimendo il valore in TEP/m², calcolato per i diversi centri di consumo energetico.

Tabella 9. Indice di efficienza energetica

Indice efficienza energetica:	
<u>consumo energia/superficie sede</u>[TEP/m²]	
CLIMATIZZAZIONE	9,25
ILLUMINAZIONE	5,06
UTENZE ELETTRICHE	3,90
TOTALE	18,21

6.5 Emissioni di anidride carbonica

L'impiego di energia per l'uso di un edificio o un processo produttivo è un fenomeno che, oltre ad avere delle implicazioni dirette di tipo economico (che si traducono nell'importo fatturato nella bolletta di fornitura), ha anche dei risvolti di tipo ambientale, legati principalmente alle emissioni di sostanze inquinanti e gas climalteranti in atmosfera.

Nell'ottica quindi di una diagnosi energetica non solo finalizzata alla riduzione dei costi dell'ente ma anche al contenimento dell'impatto ambientale si vuole fornire un quadro delle emissioni di anidride carbonica legate all'attività svolta dalla committenza considerando la CO₂ prodotta per via indiretta, ovvero legata alla produzione dell'energia elettrica utilizzata dalla struttura.

La procedura di calcolo consiste nel moltiplicare le quantità annue di energia elettrica per un determinato fattore di emissione FE, che esprime la quantità di sostanza inquinante emessa in atmosfera per quantitativo di energia primaria immessa, in funzione della tipologia di combustibile impiegato e della tecnologia costruttiva del generatore.

Per il sistema elettrico italiano, secondo la serie storica dei fattori di emissione nazionali (1990-2012) per la produzione ed il consumo di elettricità pubblicata da ISPRA (www.sinanet.isprambiente.it), il fattore di emissione relativo all'anidride carbonica al 2015 ammonta complessivamente a 337,4 gCO₂/kWh_{el}, valore che tiene conto anche del contributo delle fonti rinnovabili.

Tabella 10: Emissioni 2016 di anidride carbonica in atmosfera pre-intervento

FORTE DI EMISSIONE	EMISSIONI DI CO₂ [t/anno]
ENERGIA ELETTRICA	17,8
TOTALE	17,8

6.6 Costi dei vettori energetici

Da un esame delle fatture di fornitura del vettore energia elettrica si è assistito ad un'oscillazione significativa dei costi unitari negli ultimi 3 anni, influenzate dall'abbassamento anomalo (rispetto al trend degli ultimi 20-30 anni) del prezzo dei combustibili fossili.

Nelle valutazioni economiche eseguite nel successivo capitolo è stato preso a riferimento il seguente valore:

- 0,25 €/kWh per l'energia elettrica

che si considera prudenziale rispetto all'orizzonte temporale ipotizzato per ciascuno intervento, pari a 20 anni, e rispetto al tasso di attualizzazione utilizzato, del 5% .

7 **Analisi tecnico-economica degli interventi proposti**

Sulla base dei dati reperiti in loco e di quanto rappresentato nei capitoli precedenti, vengono di seguito presentate e valutate, sotto il profilo tecnico-economico, alcune proposte di interventi tecnici migliorativi finalizzati a razionalizzare i costi gestionali della struttura, generando risparmi e/o migliorando la qualità dei servizi offerti.

Le valutazioni tecnico-economiche saranno elaborate, per la maggior parte degli interventi, ipotizzando di effettuarli uno per volta, senza considerare la mutua interazione tra gli stessi, tranne nei casi in cui viene esplicitamente dettagliato il contrario all'interno della descrizione dei singoli interventi: questo allo scopo di poter valutare singolarmente la loro efficacia. I risultati dell'analisi sugli interventi proposti sono sintetizzati in una scheda in cui sono esplicitate le seguenti informazioni energetiche, economiche e ambientali minime:

1. il risparmio energetico annuale derivante dalla soluzione tecnica adottata;
2. il risparmio economico annuale conseguibile grazie all'intervento;
3. il costo di investimento di ciascun intervento;
4. gli incentivi previsti per ciascun intervento e il costo di investimento in presenza di tali agevolazioni;
5. il tempo di recupero semplice dell'investimento (Simple Pay-Back period, SPB), inteso come il rapporto tra il costo di investimento iniziale e il risparmio economico annuale ottenuto;
6. il tempo di recupero attualizzato dell'investimento (Discount Pay-Back period, DPB), inteso come il rapporto tra il costo di investimento iniziale e il risparmio economico annuale attualizzato all'anno in cui viene realizzato l'intervento;
7. il valore attuale netto (Net Present Value, NPV), inteso come il guadagno attualizzato che si ottiene alla fine della vita utile stimata dell'intervento o di un arco temporale prestabilito;
8. l'indice di profitto (Profitability Index, PI), calcolato come rapporto tra il risparmio economico cumulato fino all'anno x, corrispondente alla vita utile stimata dell'intervento, e il costo di investimento iniziale dello stesso;
9. il tasso interno di redditività (Internal Rate of Return, IRR), inteso come il valore del tasso di attualizzazione che rende nullo il valore attuale netto e fornisce quindi una valutazione del rischio di investimento;
10. le emissioni di CO₂ annuali evitate grazie all'intervento.

Si precisa che i risultati derivanti dall'analisi degli interventi assumono valore di prefattibilità dell'intervento stesso, essendo poi consigliata una vera e propria fase di progettazione per ottenere dati più precisi sui risparmi conseguibili e sui tempi di recupero dell'investimento: l'analisi di prefattibilità tra le varie opzioni tecnologiche prese in considerazione, persegue lo scopo di condurre l'utente o il gestore della struttura a individuare le scelte più opportune e convenienti ai fini economici ed energetici.

Gli interventi sono stati proposti sulla base delle seguenti considerazioni, ottenute anche in funzione dei risultati attesi dalla committenza:

1. l'edificio presenta un utilizzo molto maggiore nella stagione invernale piuttosto che in quella estiva, pertanto l'utilizzo di energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico deve essere opportunamente valutato e dimensionato, soprattutto con riferimento alle necessità di equipaggiare l'impianto con sistema di accumulo elettrochimico;
1. la priorità è quella di minimizzare il più possibile i costi di gestione dell'edificio, tenendo in considerazione al recentissima ristrutturazione e realizzazione degli impianti. Inoltre l'edificio in esame è prospiciente al Polo Culturale e dell'Alta Formazione, installato all'interno dello stesso Parco S'Arei, che si presta perfettamente alla realizzazione di una Smart Grid sperimentale, efficace anche in termini di progetto pilota per l'intera area territoriale, di cui Sanluri ne costituisce un importante punto di riferimento.

7.1 Sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) in controsoffitto

L'edificio presenta un equipaggiamento impiantistico di nuova installazione e già utilizza sistemi a basso impatto energetico, come scaldacqua a pompa di calore con solare termico e sistema VMC a servizio della sala mensa e cucina. Il presente intervento intende completare gli impianti presenti, estendendo il sistema di VMC, proponendo l'installazione di ulteriori macchine, dotate di scambiatore di calore a flussi incrociati per il recupero termico, anche nei restanti ambienti. Si ritiene tale intervento non solo utile dal punto di vista energetico, ma anche prioritario dal momento che garantirebbe di rispettare i ricambi d'aria richiesti da normativa per la salubrità degli ambienti.

Il principio di base di un sistema VMC con recuperatore di calore è molto semplice: uno scambiatore a flussi incrociati permette il preriscaldamento dell'aria esterna con quella di ricircolo, garantendo il ricambio desiderato con aria a temperatura prossima a quella dell'ambiente, senza incrementare i costi energetici necessari al riscaldamento dell'aria fredda in inverno e garantendo un elevato grado di comfort interno. Si prevede l'installazione e la canalizzazione d'aria del sistema VMC nel controsoffitto già esistente.

L'intervento VMC, la cui quota parte di investimento è stimata in circa 12.000 €, poiché è tra le tecnologie che sono considerate utili per la realizzazione di un edificio a energia quasi zero (NZEB), gode dell'incentivo del 65% previsto dal del Conto Termico, che viene applicato dunque alla quota parte di investimento del sistema VMC.

Tabella 11. Analisi investimento: VMC con recuperodi calore

SCHEDA DI INTERVENTO: VMC CON RECUPERATORE DI CALORE E CONTROSOFFITTO		
VOCE	VALORE	UNITA' DI MISURA
Costo totale di investimento I_0	11.526,00	€
Vita utile considerata	20	anni
Risparmio annuale di energia elettrica	4198	kWh/anno
Risparmio economico annuale	1.049,50	€/anno
Agevolazioni fiscali	7.491,90	€
Tasso di attualizzazione	5	%
RISULTATI SUI TEMPI DI RITORNO		
Tempo di recupero semplice dell'investimento	3,8	anni
Tempo di recupero attualizzato dell'investimento	4,5	anni
RISULTATI ECONOMICI		
Valore Attuale Netto (VAN)	9.045,00	€
Indice di Profitto (IP) - VAN/ I_0	2,24	[-]
Tasso Interno di Redditività (TIR)	25,7	%
RISULTATI AMBIENTALI		
Riduzione delle emissioni di CO ₂	8,0	%

ALTRI CRITERI DI VALUTAZIONE DELL'INTERVENTO	
VOCE	DESCRIZIONE
INNOVATIVITA'	Il sistema VMC con recuperatore di calore è considerato tra le tecnologie utili alla realizzazione di un edificio a energia quasi zero (NZEB), come si sta configurando l'edificio in esame. Inoltre la regolazione controllata dei ricambi d'aria garantisce una gestione domotica e innovativa del comfort termoigrometrico indoor.

7.2 Realizzazione di una Smart Grid con livello di gestione elevato (protocollo aperto) e colonnine di ricarica del tipo V2G

Sulla copertura piana dell'edificio è presente un campo solare fotovoltaico da 10 kW_p, ancora non allacciato in rete e che pertanto non contribuisce ai consumi elettrici della struttura. Tuttavia dati gli attuali consumi energetici e ancor più quelli previsti per l'imminente futuro, tale potenza elettrica risulta insufficiente a coprire i fabbisogni richiesti; d'altra parte la conformazione dell'edificio a forma di E è tale da poter usufruire di un'ampia copertura piana disponibile per incrementare il campo solare esistente. Il dimensionamento è stato effettuato sulla base dei consumi energetici dell'edificio riportati nell'analisi energetica al netto dell'intervento di efficientamento ipotizzato, con l'obiettivo di massimizzare l'autoconsumo e rendere l'edificio energeticamente indipendente.

Nello stesso parco S'Arei, prospiciente all'edificio oggetto della presente diagnosi, è collocato un altro edificio oggetto di intervento di efficientamento, sede del Polo Culturale e dell'Alta Formazione: la proposta di intervento consiste nella realizzazione di una Smart Grid che conetterà i 2 edifici distinti. Tale Smart Grid sarà dimensionata considerando le esigenze complessive dei 2 edifici e sarà caratterizzata da un campo fotovoltaico complessivo pari a 120 kW e un accumulo elettrochimico da 168 kWh.

I costi e i risparmi energetici indicati in questo paragrafo si riferiscono alla quota parte della Smart Grid asservita all'edificio oggetto della presente diagnosi.

Pertanto a questo edificio è stata associata una potenza elettrica di picco fittizia di 40 kW (comprensivi dei 10 kW già presenti), in grado di produrre circa 54MWh/anno di energia elettrica.

Allo scopo di rendere l'edificio sempre meno dipendente dalla rete nazionale e massimizzare la percentuale di autoconsumo è stato abbinato un sistema di accumulo elettrochimico del tipo a ioni di litio con moduli installati all'interno di un rack in cui è alloggiato anche il sistema di gestione della batteria (BMS). La capacità di accumulo compatibile con la potenza impianto è di circa 120 kWh, ottenibili con l'installazione in diversi moduli batteria aventi capacità di 2,4 kWh/cad.

Per il corretto funzionamento della sistema fotovoltaico comprensivo di storage è necessario prevedere l'utilizzo di inverter di tipo ibrido cioè capace sia di convertire l'energia in arrivo dal campo fotovoltaico che gestire la carica e la scarica del sistema di accumulo elettrico. Gli inverter devono essere perfettamente accoppiabili alle

caratteristiche dei moduli e delle stringhe fotovoltaici e inoltre devono poter operare secondo i parametri elettrici in ingresso e in uscita del sistema di accumulo.

Infine si è deciso di realizzare un sistema di Smart Grid con livello di gestione di complessità ALTA, capace cioè di monitorare le grandezze fondamentali della microrete (tensione, corrente, energia elettrica prodotta dall'impianto di produzione da FER, prelevata e immessa nelle varie direzioni ed energia elettrica accumulata), di gestire i livelli di carica minima e massima e gli intervalli di tempo destinati alla ricarica delle batterie, di modulare automaticamente i flussi energetici, per mezzo dell'applicazione di un algoritmo di calcolo iterativo, in base alle misure dei consumi pregressi e alle produzioni di energia da FER attese. L'intervento prevede inoltre la gestione e il controllo di 3 colonnine di ricarica (complessive per l'intera Smart Grid) per veicoli elettrici in modalità bidirezionale V2G (Vehicle to Grid), in modo da considerare i veicoli elettrici anche come sistemi di stoccaggio in grado non solo di assorbire energia dalla microrete, ma anche di erogarne nei momenti di bisogno identificati sulla base dell'algoritmo di gestione della smart grid. Il sistema di accumulo verrà inserito in una specifica programmazione di una filiera dedicata di recupero e riciclaggio dei materiali a fine vita.

Nella successive tabelle, oltre all'identificazione di ciascuno dei parametri tecnico-economici, sono riportate le specifiche tecniche individuate per il monitoraggio, la gestione e il controllo della microrete.

L'analisi economica è stata sviluppata su un tempo di 20 anni e considerando anche la sostituzione degli inverter e del pacco batteria a metà ciclo di vita. Tale analisi ha evidenziato un costo di investimento pari a circa 130.000 € con un risparmio stimato in circa 50 MWh/anno, corrispondenti al 90% in autoconsumo rispetto alla potenza prodotta. Il beneficio economico che se ne deriva sarebbe pari a circa 2.000 €/anno. Il tempo di rientro non attualizzato sarebbe pari a circa 16 anni.

Tabella 12.Analisi investimento: realizzazione di una Smart Grid con colonnine di ricarica del tipo V2G per auto elettrica

SCHEDA DI INTERVENTO: MICRO RETE		
VOCE	VALORE	UNITA' DI MISURA
Costo di investimento impianto fotovoltaico dotato di accumulo elettrochimico (incluso trattamento fine vita batterie)	108.202,00	€
Costo realizzazione di Smart Grid con protocollo aperto e livello di gestione ALTO	15.606,00	€
Costo n. 4 colonnine di ricarica	8.323,00	€
Costo totale di investimento I ₀	132.131,00	€
Vita utile considerata	20	anni
Autoconsumo di energia elettrica	48586	kWh/anno

Aumento percentuale dell'autoconsumo di energia elettrica	90,0	%
Risparmio economico annuale	12.146,53	€/anno
Agevolazioni fiscali	0	€
Tasso di attualizzazione	5	%
RISULTATI SUI TEMPI DI RITORNO		
Tempo di recupero semplice dell'investimento	12,5	anni
Tempo di recupero attualizzato dell'investimento	20,1	anni
RISULTATI ECONOMICI		
Valore Attuale Netto (VAN)	-758,19	€
Indice di Profitto (IP) - VAN/I ₀	- 0,01	[-]
Tasso Interno di Redditività (TIR)	4,9	%
RISULTATI AMBIENTALI		
Riduzione delle emissioni di CO ₂	92,00	%

* Considerata una sostituzione degli inverter e del pacco batterie con un costo imputato pari a 20.000 euro al decimo anno

ALTRI CRITERI DI VALUTAZIONE DELL'INTERVENTO	
VOCE	DESCRIZIONE
INTERVENTO INSERITO NEL PAES	Intervento di efficientamento energetico inserito nel PAES
INNOVATIVITA'	Per questo intervento verranno associati, inclusi nel livello di gestione ALTO della smart grid, algoritmi per il monitoraggio dei dati, per la facilitazione della successiva fase di catalogazione.
SISTEMI DI MONITORAGGIO, GESTIONE E CONTROLLO DELLA MICRORETE	<p>La Smart Grid sarà caratterizzata da un'infrastruttura di comunicazione dalle seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - banda libera - abilitante verso altri servizi - asset infrastrutturale del beneficiario - interoperabilità dei protocolli di comunicazione e standard aperti per la comunicazione tra vari dispositivi. <p>Un metering MID per ogni POD gestito:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - compatibile con la direttiva 2004/22/CE o Direttiva MID “Measuring Instruments Directive” - compatibile con la direttiva CEN/CLC/ETSI/TR 50572, architettura funzionale di riferimento per la comunicazione nei sistemi intelligenti di misura - bidirezionale - 2 o + canali di comunicazione (almeno uno senza costi di traffico) - campionamento sotto i 15 minuti - configurazione da remoto - upgrade da remoto OTA (over the air) - allarme caduta di linea elettrica (batteria tampone) - sicurezza dati crittografia e certificati SSL <p>Piattaforma di gestione dei flussi di energia prodotta e consumata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - archiviazione dati non inferiore ai 2 anni - servizio in cloud - gestione allarmistica - multiutente e gerarchica (accessi differenziati) <p>La Smart Grid risponde pertanto a tutti e 4 i livelli di complessità richiesti dal bando con la condizione necessaria che i sistemi di accumulo, le colonnine elettriche e l’auto elettrica siano dotati di protocolli di comunicazione bidirezionali aperti.</p>
SISTEMA DI ACCUMULO	<p>L'amministrazione si pone l'obiettivo di promuovere un processo di recupero ecosostenibile di materiali tal quale da batterie al litio a fine vita, in cui le singole operazioni sono rispettose delle linee guida della Green Chemistry.</p> <p>A tale scopo nel bando di gara verranno inseriti specifici criteri per assicurare trattamento del fine vita delle batterie, in cui si richiederà che i principali componenti delle batterie (materiale catodico e anodico, legante, elettrolita, supporti metallici e polimerici) siano separati e direttamente recuperati. Inoltre punteggi premianti</p>

	<p>verranno attribuiti rispetto ai metodi proposti per il trattamento di fine vita della batteria.</p> <p>Verranno richieste apposite specifiche circa le seguenti operazioni da effettuare per il recupero:</p> <ul style="list-style-type: none"> • operazione di scarica completa della batteria, • apertura della batteria che comporta una prima separazione fisica del materiale plastico e metallico dell'involucro esterno dal resto della batteria, idonea al corretto recupero dei materiali nelle successive fasi, • degassaggio di eventuali sostanze nocive volatili, • recupero dell'elettrolita mediante un'operazione di estrazione, • suddivisione dei nastri (catodico, anodico e separatore polimerico) contenuti all'interno della batteria, <p>Il trattamento del fine vita delle batterie verrà applicato sia a quelle utilizzate per la Smart Grid che a quelle utilizzate per l'auto elettrica e ne verrà richiesto in fase di esecuzione del bando per l'assegnazione dei lavori un accordo contrattuale per il conferimento dei materiali recuperati in una specifica filiera di recupero e riciclaggio dei materiali.</p>
<p>INTEGRAZIONE DI VEICOLI ELETTRICI E COLONNINE DI RICARICA ALL'INTERNO DELLA MICRORETE/SMART GRID</p>	<p>L'intervento prevede anche l'integrazione delle 2 colonnine di ricarica V2G.</p>

7.3 Quadro degli interventi di risparmio energetico proposti

Relativamente agli interventi ritenuti prioritari, si fornisce un quadro di insieme, riportato nella successiva tabella

Tabella 13. Quadro di insieme degli interventi di risparmio energetico considerati prioritari

INTERVENTO PROPOSTO	INVESTIMENTO	RISPARMIO	VAN	VAN/I	Riduzione CO₂
	[€]	[€/anno]	[euro]	[]	[%]
1 - Intervento di sezionamento dell'impianto di illuminazione	11.526,00	1.049,50	9.045,0	2,24 €	8,0
2- Realizzazione di una Smart Grid con livello di gestione elevato (protocollo aperto) e colonnine di ricarica del tipo V2G	132.131,00	12.146,53	-758,19	1.832,61	92,0
TOTALE	143.657,00 €	13.196,03 €	8.286,81€	-0,06*	100,0 %

*N.B. * calcolato come rapporto tra 8.286,81 € e 143.657,00€*

8 Conclusioni

L'analisi energetica realizzata ha permesso di osservare come la sede del Scuola dell'Infanzia e Asilo Nido di Sanluri sia causa di consumi energetici non trascurabili rispetto alle ore di utilizzo della struttura.

Le criticità ad oggi presenti sono determinate da consumi energetici elevati e riducibili con alcuni accorgimenti impiantistici sia di efficientamento energetico che di utilizzo di fonti rinnovabili.

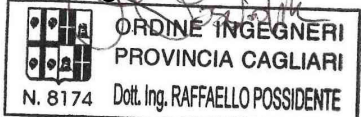
Tutti gli interventi migliorativi proposti sono stati analizzati avendo come obiettivo la riduzione dei consumi e dei costi energetici e l'indipendenza energetica della struttura: per quanto riguarda il primo si propone l'intervento di estensione dell'impianto VMC esistente con altre macchine dotate di recupero termico da installare nel controsoffitto già esistente

Inoltre il complesso degli interventi migliorativi è stato sviluppato con l'obiettivo di pervenire ad una efficace proposta innovativa in termini di ottimizzazione dell'autoconsumo energetico, per mezzo della realizzazione di una Smart Grid, in collegamento con il prospiciente Polo Culturale e dell'Alta Formazione, costituita da colonnine di ricarica del tipo V2G e dotata di protocolli di comunicazione di tipo aperto per poter gestire nel modo più efficiente possibile l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico già esistente e messa a disposizione nei sistemi di accumulo elettrochimico: la scelta delle colonnine di ricarica consente all'amministrazione di dare avvio all'azione di sostegno e promozione della mobilità sostenibile nel territorio, in coerenza con quanto previsto nel proprio PAES (Piano d'Azione dell'Energia Sostenibile).

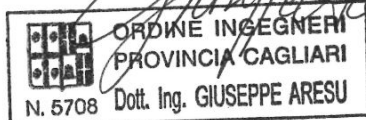
Da un punto di vista economico la realizzazione dei 2 interventi ritenuti prioritari determinerebbe un VAN calcolato con tasso di attualizzazione del 5%, positivo e pari a -8.286,81 € a fronte di un costo complessivo degli interventi per lavori e forniture pari a 143.657,00 €.

CAGLIARI, 28/11/2017

RTP incaricato
Dott. Ing. Raffaello Possidente



Dott. Ing. Giuseppe Aresu



Dott. Ing. Sebastiano Curreli

