

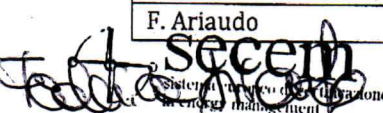
PROPRIETARIO

Comune di Villanova d'Asti (AT)

DOCUMENTO

*Diagnosi energetica Complesso
Scolastico "De Amicis" sito in Villanova
d'Asti (AT) - via A. Villa 57
Report conforme a UNI CEI EN 16247-2
(Allegato J)*

Responsabile del team di audit	Collaboratore - team di audit	Responsabile Committenza	Date
F. Ariaudo	R. Gerbo	M. Tricerri	30/12/2016


Sistema di gestione
in energy management
Ariaudo Federica
Settore CIVILE
n. 0002-SC-EGE-2016


Sistema di gestione
in energy management
Roberto Gerbo
Settore Civile
n. 0088 - SC - EGE - 2016

Sommario

DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI	3
UNITA' DI MISURA E FATTORI DI TRASFORMAZIONE ADOTTATI.....	4
PARTE 1 – DESCRIZIONE DELLA DE E RISULTATI	4
1. Periodo di validità della DE.....	4
2. Nota su chi ha redatto la diagnosi energetica	5
3. Dati dell'azienda	5
4. Descrizione della DE, dei metodi di analisi sviluppati e dei riferimenti adottati.....	5
5. Attuali livelli di consumo energetico (baseline) e spesa - Sintesi	23
6. Potenziale di risparmio energetico - sintesi.....	27
7. Sintesi degli interventi individuati (con valutazione costi / benefici).....	27
PARTE 2 – DETTAGLI DELLA DE	32
8. Dati di base dell'edificio e dei sistemi tecnici	32
9. Audit dei consumi energetici e dei sistemi tecnici	39
10. Individuazione dei possibili interventi	56
Riferimenti bibliografici	65
ALLEGATO 1 – Caratteristiche tecniche del misuratore dell'assorbimento elettrico istantaneo utilizzato per le apparecchiature ICT	67

DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

AE = Auditor Energetico

APE = Attestato di Prestazione Energetica

BACS = Building Automation and Control Systems

BT = Bassa Tensione

DE = Diagnosi Energetica

FER = Fonti Energetiche Rinnovabili

GG_c = Gradi Giorno convenzionali da DPR 412

GG_r = Gradi Giorno reali

GHG = Greenhouse Gas

GRI = Global Reporting Initiative

ICT = Information and Communications Technology

IPA = Indici Prestazionali di Area dati dal rapporto tra i consumi di area e la specifica destinazione d'uso

IPE = Indice di prestazione energetica effettivo (UNI CEI/TR 11428:2011)

IPO = Indice di prestazione energetica operativo (UNI CEI/TR 11428:2011)

LENI = Light Energy Numeric Indicator (UNI EN 15193:2008)

MISE = Ministero dello Sviluppo Economico

MT = Media Tensione

PdC = Pompa di Calore

UR = Umidità Relativa [%]

UTA = Unità di Trattamento Aria

UNITA' DI MISURA E FATTORI DI TRASFORMAZIONE ADOTTATI

Le Unità di Misura utilizzate per i calcoli fanno riferimento al Sistema Internazionale.

Parametro	U.M.
Energia elettrica	kWh
Energia termica	Nm ³
Energia primaria (sia termica, sia elettrica)	tep
Potenza	W o kW
Superficie	m ²
Volume	m ³
Lunghezza / larghezza / altezza / profondità	m

Ai fini della trasformazione in tep dei dati di consumo sono stati utilizzati i fattori desunti dalla Circolare del MISE del 18 dicembre 2014 con oggetto la "Nomina del Responsabile per la conservazione l'uso razionale dell'energia di cui all'art. 19 della legge 9 gennaio 1991 n. 10 e all'articolo 7 comma 1, lettera e) del decreto ministeriale 28 dicembre 2012". In particolare sono stati utilizzati i seguenti fattori di interesse:

$$1 \text{ m}^3 \text{ di gas naturale} = 0,000819 \text{ tep}$$

$$1 \text{ kWh di energia elettrica prelevata da rete nazionale} = 0,000187 \text{ tep}$$

I coefficienti di trasformazione dei consumi in emissioni GHG sono stati desunti da:

- Guida degli Inventari delle Emissioni Nazionali della Comunità Europea EEA: "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009" (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>).

PARTE 1 – DESCRIZIONE DELLA DE E RISULTATI

1. Periodo di validità della DE

La presente diagnosi energetica ha validità di 4 anni a partire dalla data di redazione.

2. Nota su chi ha redatto la diagnosi energetica

La presente diagnosi energetica è stata redatta da:

NOME E COGNOME	Federica Ariaudo, Roberto Gerbo
INTERNO/ESTERNO AZIENDA	Liberi professionisti esterni all'azienda
QUALIFICA PROFESSIONALE	F.ARIAUDO: Architetto e Dottore di Ricerca in Innovazione Tecnologica per l'Ambiente Costruito – curriculum Fisica Tecnica Ambientale, iscritto all'Ordine degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Torino, n. 8248 dal 10/02/2010 R.GERBO: ingegnere iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino, n. 4151L
QUALIFICA ENERGETICA	F.ARIAUDO: Esperto Gestione Energia certificato presso SECCEM con certificato n. 4-2014-SC/099 rilasciato il 01/10/2014 R.GERBO: Esperto Gestione Energia certificato presso SECCEM con certificato n. 2-2012-SC/004GP rilasciato il 02/07/2012

3. Dati dell'azienda

Il sito oggetto della presente analisi è un complesso scolastico che ospita nello stesso edificio una scuola materna e una scuola elementare e in un edificio adiacente una palestra, di proprietà del Comune di Villanova d'Asti.

ENTE PROPRIETARIO	Comune di Villanova d'Asti
ENTE ENERGIVORO	No
REFERENTE	arch. Massimo Tricerri – Settore Tecnico 2 (Lavori Pubblici, Gestione tecnico-manutenitiva patrimonio, Ambiente) – 0141.946.114 + int. 1 + int. 3

4. Descrizione della DE, dei metodi di analisi sviluppati e dei riferimenti adottati

4.1. Descrizione della DE, dei metodi di analisi sviluppati e dei riferimenti adottati

Gli attori che sono stati coinvolti, ognuno per le proprie competenze, ai fini dello sviluppo della DE sono riassunti nella seguente tabella.

Parti	Possibili destinatari dell'audit energetico	Fornitore di dati	Coinvolti negli incontri	Coinvolti nel lavoro sul campo
Proprietari dell'edificio	X	X	X	X
Gestore della proprietà (coincidente con la proprietà)	X	X	X	X
Responsabile della manutenzione	X	X		
Responsabile dei servizi di ingegneria	X	X	X	X
Personale operativo e di manutenzione				
Personale della sicurezza				
Personale (che lavora lì stabilmente)				X
Temporaneo (alunni)				

Con tali figure sono state concordate le modalità di attuazione delle varie fasi della DE. Con il referente dell'Amministrazione Pubblica e i suoi collaboratori sono stati parimenti condivisi gli obiettivi della DE, in particolare individuare le azioni per assicurare:

- la riduzione dei consumi e dei costi energetici, prioritariamente regolando gli orari di funzionamento (di illuminazione interna, riscaldamento, ecc.) e migliorando il piano funzionale dei sistemi tecnici a servizio dell'edificio, ed eventualmente, effettuando interventi di miglioramento dell'efficienza energetica;
- la riduzione dell'impatto ambientale;
- il rispetto della legislazione e degli impegni volontari.

In tale contesto la stima del risparmio di energia per ciascun vettore energetico è indicata nel seguito per ciascuna singola misura di miglioramento dell'efficienza energetica attuata, il tutto accompagnato da una valutazione dei possibili interventi di miglioramento. Per i principali interventi a carattere oneroso viene fornita una valutazione costi-benefici.

Sono stati concordati i seguenti confini della DE:

- complesso scolastico composto da edificio scolastico ed edificio adibito a palestra;

- b) i servizi energetici inerenti la climatizzazione degli ambienti interni (riscaldamento, raffrescamento, ove presente, e produzione acqua calda sanitaria) e altre alimentazioni elettriche;
- c) tutti i sistemi tecnici costituenti l'involucro edilizio e gli impianti degli edifici, oltre alle apparecchiature da ufficio e da cucina.

Come indicatori energetici di performance si è concordato di assumere quelli reperibili in letteratura per edifici confrontabili e/o provenienti da campioni significativi di edifici confrontabili derivanti da esperienza pregressa dell'AE.

Il grado di accuratezza della DE è stato concordato riferendosi alle seguenti linee guida operative della DE:

- a) appropriate verifiche in campo, controllando gli usi di energia maggiormente significativi;
- b) verifica dei parametri (quali gli orari, le temperature di set-point, etc.) che influenzano il consumo di energia nei sistemi di automazione e controllo (BACS) eventualmente presenti;
- c) verifica di tutti i sistemi e le apparecchiature che utilizzano energia per un'analisi approfondita dei medesimi;
- d) stima del risparmio energetico utilizzando semplici e consolidati strumenti di calcolo energetico;
- e) individuazione con priorità dei possibili risparmi a costo zero, mentre interventi a basso/alto investimento dovranno essere accompagnati da stime di primo livello, ispirate da analisi costi-benefici ricondotte alle esigenze/contesto operativo del Comune.

Conseguentemente il livello della DE è superiore a quello definito "light". Non sono state ritenute necessarie (anche in considerazione del tempo disponibile concordato) ulteriori campagne di misure e/o simulazione in regime dinamico della prestazione energetica dell'edificio.

Il grado di competenza dell'AE è stato ritenuto più che idoneo dal Comune.

4.2. Riunione di avvio

Gli attori coinvolti al fine dello sviluppo della DE, ognuno per le proprie competenze, sono stati coinvolti in una riunione mirata di avvio della DE, in cui sono stati definiti tra l'altro:

- a) l'orario di visita del sito;
- b) il livello di impegno degli occupanti;
- c) l'assenza di aree ad accesso limitato;

d) la presa di conoscenza da parte dell'AE dei potenziali rischi per la salute e sicurezza.

In tale contesto il Comune ha fornito:

- a) informazioni su procedure di interesse per la DE e analisi già sviluppate in merito (report di diagnosi energetica del 2013);
- b) set-point e limiti operativi delle condizioni ambientali interne e eventuali variazioni stagionali;
- c) i modelli di occupazione per le attività svolte all'interno del sito oggetto di DE;
- d) informazioni provenienti da occupanti o dagli altri soggetti coinvolti (es. manutentori), relativamente alle prestazioni operative dell'edificio;
- e) attuazione di eventuali programmi di sensibilizzazione o motivazionali degli occupanti dell'edificio;
- f) Attestato di Qualificazione Energetica del 2007;
- g) Libretti di impianto;
- h) Estratto del progetto degli impianti elettrici, realizzato nel 2000;
- i) Progetto di riqualificazione del soppalco della palestra, realizzato nel 2012;
- j) Progetto di rimozione amianto dalla copertura della palestra e di contestuale installazione di impianto fotovoltaico sulle falde della palestra e di parte della scuola, realizzato nel 2012/13;
- k) Consumi di energia elettrica e di combustibile per il riscaldamento ambientale e la produzione di acqua calda sanitaria;
- l) Report di produzione di energia elettrica da fotovoltaico del gestore dell'impianto relativo agli anni 2013, 2014 e 2015;
- m) Energia elettrica prodotta mensilmente da impianto fotovoltaico gestito dal Comune e scambiata in rete per i mesi di luglio, agosto, settembre, ottobre, novembre e dicembre 2013, gennaio e febbraio 2014, giugno 2016.

4.3. Inquadramento generale dell'edificio

DENOMINAZIONE	Complesso scolastico "De Amicis"
INDIRIZZO	Via Adolfo Villa 57, Villanova d'Asti (AT), Piemonte
DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE	Scuola elementare e dell'infanzia + palestra
CLASSIFICAZIONE EDIFICIO	E.7
FASCIA CLIMATICA	E
GRADI GIORNO CONVENZIONALI (GG _c)	2701
TEMPERATURA DI PROGETTO	20 / 26

INTERNA INVERNALE / ESTIVA [°C]	
TEMPERATURA DI PROGETTO ESTERNA INVERNALE / ESTIVA [°C]	-8,77 / 31,33
PERIODO DI RISCALDAMENTO / RAFFRESCAMENTO	15 ottobre – 15 aprile / 1 maggio – 31 luglio + 1 settembre – 30 settembre (raffrescamento presente nei soli locali occupati dalla Filarmonica nel soppalco della palestra)
RICAMBI ARIA [m³/h]	0 (non è presente un sistema di ventilazione meccanica in nessun locale)
APE: INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE [kWh/m³] / CLASSE ENERGETICA / ANNO REDAZIONE	Non presente
CONSUMI ENERGETICI: BASELINE 2015 (energia elettrica / gas metano) [kWh]	40.420 / 385.719
TEP TOTALI (2015)	40,71
EDIFICIO IN PROPRIETA'/LOCAZIONE	Edifici interamente in proprietà
VINCOLI STORICI, ARTISTICI E PAESAGGISTICI	No
INSERIMENTO IN CONTESTO CONDOMINIALE	No
COLLEGAMENTO A RETI ENERGETICHE	Elettrica (bassa tensione – BT) e rete metano
POD	IT001E04619890 (scuola) – IT001E04619890 (palestra)
PDR	02800000226176 (scuola) - 02800000225495 (palestra)
COLLEGAMENTO TLR	No
TIPOLOGIA CONDUZIONE/GESTIONE CENTRALE TERMICA E FRIGORIFERA	Terzo Responsabile
NOMINATIVO MANUTENTORE	Borin di Borin Claudio e Fabio snc
PRESENZA DI BMS	No (presente sistema di telegestione degli impianti termici)
ORARIO DI UTILIZZO SU BASE ANNUA	SCUOLA: lun-mer-ven feriali 7:30 - 18:00 mar-gio feriali: 7:30 – 17:30 sab/dom: chiuso

	PALESTRA: lun-gio feriali 8:00 – 12:30 / 16:00 – 21:30 mar feriali: 8:00 – 16:30 mer feriali: 8:00 – 21:00 ven feriali: 8:00 – 12:30 sab/dom: chiuso Gli orari della palestra possono variare anche nel corso dell'anno in funzione delle richieste delle associazioni
NUM. ALLIEVI (2015)	319

Il complesso oggetto di diagnosi è composto da due edifici: uno adibito a scuola e uno, indipendente, adibito a palestra (Figura 1).



Figura 1 – COMPLESSO OGGETTO DI DIAGNOSI: in giallo l'edificio scolastico, in rosso l'edificio adibito a palestra

Il complesso è situato nella zona marginale nord del centro del Comune di Villanova d'Asti. A sud del complesso è quindi presente una zona densamente edificata, mentre a nord inizia una zona maggiormente caratterizzata da terreni agricoli e abitazioni di ridotte dimensioni (Figura 2). A ovest il complesso affaccia sulla scuola media del comune, della stessa altezza circa dell'edificio scolastico oggetto di analisi (Figura 3). Il complesso non confina direttamente con nessun edificio.

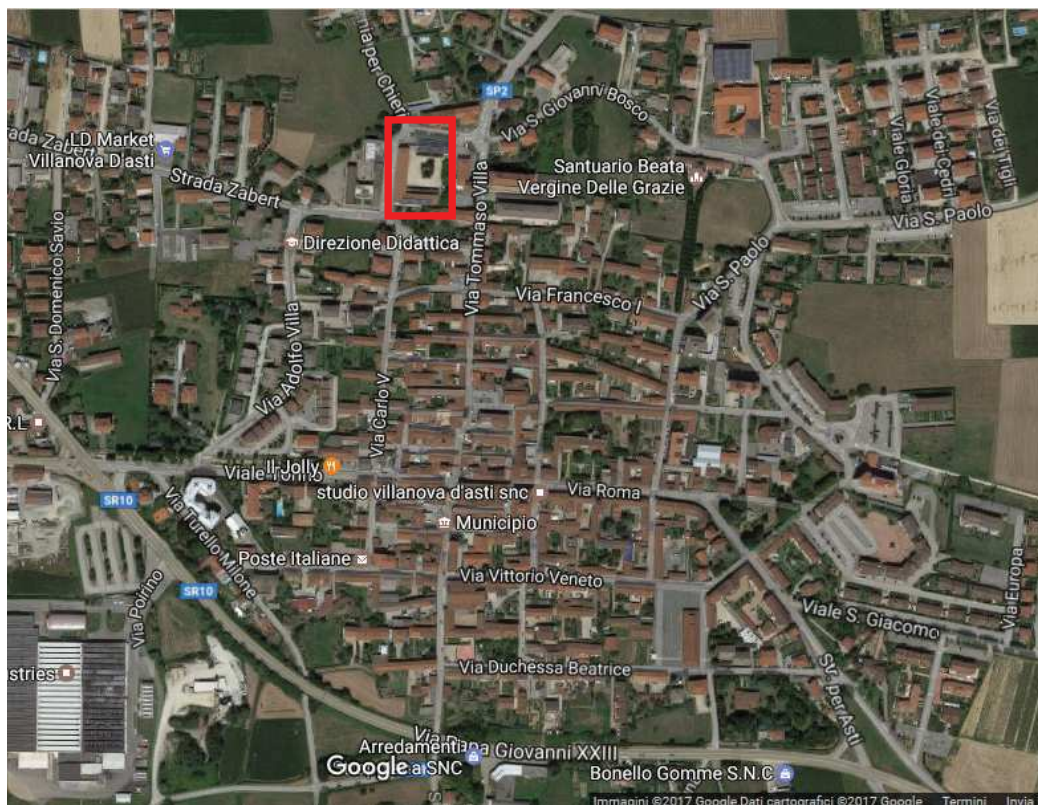


Figura 2 – Localizzazione del complesso oggetto di diagnosi all'interno del Comune di Villanova d'Asti



Figura 3 – AFFACCIO OVEST: a destra è visibile l'edificio scolastico oggetto di diagnosi, mentre a sinistra è visibile la sede della scuola media, di altezza confrontabile



Figura 4 – AFFACCIO NORD: a destra è visibile l'edificio ospitante la palestra del complesso scolastico oggetto di diagnosi, mentre a sinistra è visibile un edificio residenziale



Figura 5 – AFFACCIO SUD: a sinistra è visibile l'edificio scolastico oggetto di diagnosi, mentre a destra sono visibili alcuni edifici residenziali

L'edificio scolastico, di due piani fuori terra, è stato realizzato a fine anni '60 ed ha subito due successivi ampliamenti: negli anni '70 è stato realizzato il secondo piano fuori terra della manica sud, inizialmente a un solo piano fuori terra, mentre nel 1997 è stato tamponato il portico della stessa manica sud, ricavando così ulteriori spazi a servizio del piano terreno della stessa manica.

L'edificio ospita al suo interno la scuola elementare (manica ovest del piano terreno e tutto il primo piano) e la scuola dell'infanzia (manica sud del piano terreno). E' presente un piano interrato sottostante la sola manica sud, adibito a deposito temporaneo scarsamente utilizzato, e ospitante il locale centrale termica a servizio dell'edificio stesso. Tutti i locali del piano interrato non sono riscaldati e presentano aperture verso l'esterno non chiuse da serramenti (Figura 6).



Figura 6 – Piano interrato non riscaldato

Non è presente impianto di raffrescamento e/o di ventilazione meccanica a servizio dell'edificio scolastico. Il riscaldamento avviene in tutti i locali tramite radiatori. Nei soli locali adibiti ad aula scolastica sono presenti valvole termostatiche.

Le pareti perimetrali non risultano coibentate, se non in alcuni punti della scuola d'infanzia, in seguito a intervento di consolidamento strutturale. I solai confinanti con sottotetto non riscaldato sono stati coibentati con materassini di lana minerale di circa 8 cm.

Nel 2012 è stato installato un impianto fotovoltaico sull'intera falda sud della manica sud dell'edificio scolastico. Tale intervento non ha riguardato altri strati della copertura.

L'edificio adibito a palestra è caratterizzato da una porzione a due piani fuori terra ospitante i servizi alla palestra e, al piano superiore, la sede della filarmonica del Comune di Villanova d'Asti, e da una porzione a tutt'altezza ospitante la palestra. L'edificio è stato realizzato negli anni '70 con destinazione d'uso a bocciodromo. Negli anni '86/'87 è stato convertito in palestra scolastica. La sede della filarmonica è stata ristrutturata nel 2012. L'edificio non presenta piani interrati. La centrale termica è collocata in struttura muraria dedicata, adiacente alla parete nord della palestra.

I locali occupati dalla filarmonica comunale sono riscaldati e raffrescati con due split in pompa di calore, mentre la restante parte di edificio è soltanto riscaldata durante la stagione invernale (tramite radiatori nei bagni e negli spogliatoi e tramite aerotermini nella palestra). Non è presente alcun impianto di ventilazione meccanica.

Nel 2012 è stato installato un impianto fotovoltaico su entrambe le falde dell'edificio, caratterizzate da una ridotta inclinazione. Tale intervento, conseguente ad una bonifica di amianto, ha riguardato tutti gli strati di copertura che sono stati interamente sostituiti con pannelli sandwich coibentati, di cui sono state messe a disposizione le caratteristiche energetiche dal Comune.

4.4. Superfici e volumi di riferimento

I dati di superficie e volume sono stati dedotti dalle planimetrie fornite dal Comune e confermate con misurazioni effettuate durante il sopralluogo. Durante gli anni di cui sono stati analizzati i consumi, i valori di superficie e volume non hanno subito variazioni.

EDIFICIO SCOLASTICO			
superficie netta totale [m ²]	1.911	volume lordo totale [m ³]	8.581
superficie netta totale riscaldata [m ²]	1.911	volume lordo totale riscaldato [m ³]	8.581
superficie netta totale raffrescata [m ²]	0	volume lordo totale raffrescato [m ³]	0

PALESTRA			
superficie netta totale [m ²]	556	volume lordo totale [m ³]	3.429
superficie netta totale riscaldata [m ²]	524	volume lordo totale riscaldato [m ³]	3.232
superficie netta totale raffrescata [m ²]	104	volume lordo totale raffrescato [m ³]	417

4.5. Valori di riferimento adottati e relativo periodo

I valori di riferimento adottati per la presente DE derivano da esperienze pregresse nell'ambito del settore scolastico pubblico da parte dell'AE e da analisi di dati di letteratura.

La DE è stata in particolare effettuata sulla base dei dati di consumo energetico relativi agli anni solari 2009, 2010, 2011, 2015 e 2016 per quanto riguarda l'energia elettrica e agli anni solari 2010, 2011 e 2015 per quanto riguarda i consumi di energia termica per il riscaldamento ambientale, la produzione di acqua calda sanitaria e la cottura cibi.

4.6. Fattori di aggiustamento adottati

Per consentire un corretto confronto dei consumi energetici da un anno all'altro e rispetto ai valori di riferimento, sono state individuate le seguenti variabili in grado di influenzare i consumi in modo significativo che, conseguentemente, rappresentano i fattori di aggiustamento dei valori di riferimento rispetto ai consumi annui:

- Rigidità climatica del periodo di riscaldamento (rappresentata dal valore dei Gradi Giorno stagionali calcolati sulla base della temperatura media esterna giornaliera reale);

- Numero di alunni frequentanti il complesso scolastico (comprensivi degli alunni iscritti alla scuola d'infanzia e alla scuola elementare).

Di seguito i valori dei Gradi Giorno reali per il periodo di riferimento utilizzato nella presente diagnosi.

Anno (da 01/01 a 15/04 e da 15/10 a 31/12)	2010	2011	2015
Gradi Giorno reali (GG _r)	2.853	2.442	2.387

Di seguito i numeri di alunni iscritti per il periodo di riferimento utilizzato nella presente diagnosi.

Anno	2010	2011	2015
Num. alunni	344	344	319

Per le analisi del modello energetico elettrico ci si è riferiti all'anno 2015 in quanto rappresenta l'anno più recente per il quale sono noti i dati di consumo sia di energia elettrica sia di combustibile (gas metano).

4.7. Informazioni sul metodo di raccolta dati utilizzato

In generale ci si è riferiti ai dati inerenti:

- i vettori energetici presenti;
- i dati energetici correlati per ogni vettore, cioè l'energia consegnata attraverso i consumi di energia (o le letture) rilevati da contatore. In generale con priorità ai dati di consumo mensili;
- i fattori di correzione che influenzano il consumo di energia (dati climatici, profili di occupazione, ecc.);
- le informazioni su importanti cambiamenti del sistema edificio/impianto e delle modalità di occupazione negli ultimi anni;
- gli elaborati di progetto/stato dell'esistente, i documenti e le informazioni sulla gestione e la manutenzione (es. as-built dei piani dell'edificio, fattori esterni che possono influenzare la prestazione energetica dell'edificio, indicazioni dei servizi forniti all'edificio, dati degli apparecchi e componenti);
- le apparecchiature che utilizzano energia negli spazi occupati e altri carichi interni presenti.

4.7.1. Vettori, FER e consumi energetici

I dati di consumo di energia elettrica sono stati desunti da dati del fornitore raccolti per la precedente diagnosi per quanto riguarda i dati relativi agli anni 2009, 2010 e 2011, e direttamente dalle bollette per quanto riguarda i dati relativi al 2015 e 2016, suddivisi per fascia di consumo F1, F2 e F3. Dalle stesse bollette sono stati inoltre desunti i dati di energia reattiva e potenza massima prelevata, anche in questo caso suddivisi per fascia di consumo F1, F2 e F3. I dati analizzati hanno presentano tutti periodicità mensile.

Relativamente ai dati di consumo di energia termica, il Comune ha fornito il riepilogo mensile dei metri cubi di metano fatturati nel 2015. I dati di consumo mensile di energia termica per il 2010 e 2011 sono state desunti dal report della precedente diagnosi energetica.

A servizio dell'edificio è presente un impianto di produzione di energia elettrica fotovoltaico con potenza di picco pari a 3 kW, entrato in funzione nel 2013. Tale impianto usufruisce del meccanismo di Scambio sul Posto. Per tale impianto non viene monitorata la produzione di energia elettrica con datalogger per cui sono stati messi a disposizione dal Comune i dati di energia mensile scambiata in rete nei mesi di luglio, agosto, settembre, ottobre, novembre e dicembre 2013, gennaio e febbraio 2014, giugno 2016, così come dichiarato dal GSE. Il Comune ha inoltre fornito all'AE il progetto dell'impianto fotovoltaico con la stima della produzione annua, dato utilizzato per individuare la quota di autoconsumo. L'impianto fotovoltaico produce energia elettrica a servizio della palestra. La produzione di energia elettrica da parte della restante porzione di impianto fotovoltaico installata sulle falde sud e nord della palestra e sulla falda sud della scuola, di potenza di picco complessiva pari a 88,5 kW, non è a servizio dell'edificio, ma interamente immessa in rete in Conto Energia. La tariffa incentivante è intestata all'impresa che ha realizzato l'intervento di bonifica di amianto dalla copertura della palestra. Il Comune ha fornito all'AE la relazione di tale impresa relativa alla produzione di energia elettrica di tale porzione di impianto per il 2015.

4.7.2. Spesa energetica

Le spese per l'energia elettrica sono state desunte dalle fatture del fornitore per gli anni 2015 e 2016 e dai dati contenuti nel report della precedente diagnosi per gli anni 2009, 2010 e 2011. Le spese per il metano per riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria e cottura cibi sono state desunte dal riepilogo mensile fornito dal Comune per il 2015, mentre sono state desunte dal report della precedente diagnosi per gli anni 2010 e 2011.

4.7.3. Dati climatici per consumi riscaldamento

Per ogni anno di analisi dei consumi di energia termica (vedi punto 4.6 precedente) sono stati calcolati i Gradi Giorno reali come somma, estesa a tutti i giorni del periodo convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, fissata convenzionalmente pari a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera. I dati di temperatura media esterna giornaliera sono stati estrapolati dalla centralina meteorologica dell'ARPA Piemonte più vicina all'edificio, cioè quella di Buttigliera d'Asti.

4.7.4. Altri dati

Dati mancanti e/o di approfondimento sono stati raccolti durante il sopralluogo. Esempio: valori di targa delle apparecchiature, numero di apparecchi illuminanti presenti, ecc.

4.7.5. Ripartizione dei consumi di energia elettrica e termica per uso finale

Non essendo presente nell'edificio oggetto di DE un sistema di monitoraggio dei consumi di energia elettrica per singolo uso finale, la suddivisione dei consumi per uso energetico significativo è stata ottenuta sulla base dei dati di targa e del numero di ore di operatività del sito (vedere paragrafo successivo).

Allo scopo è stato realizzato un modello elettrico di insieme e di zona/utenza sulla base dei consumi relativi all'anno 2015, così sintetizzabile:

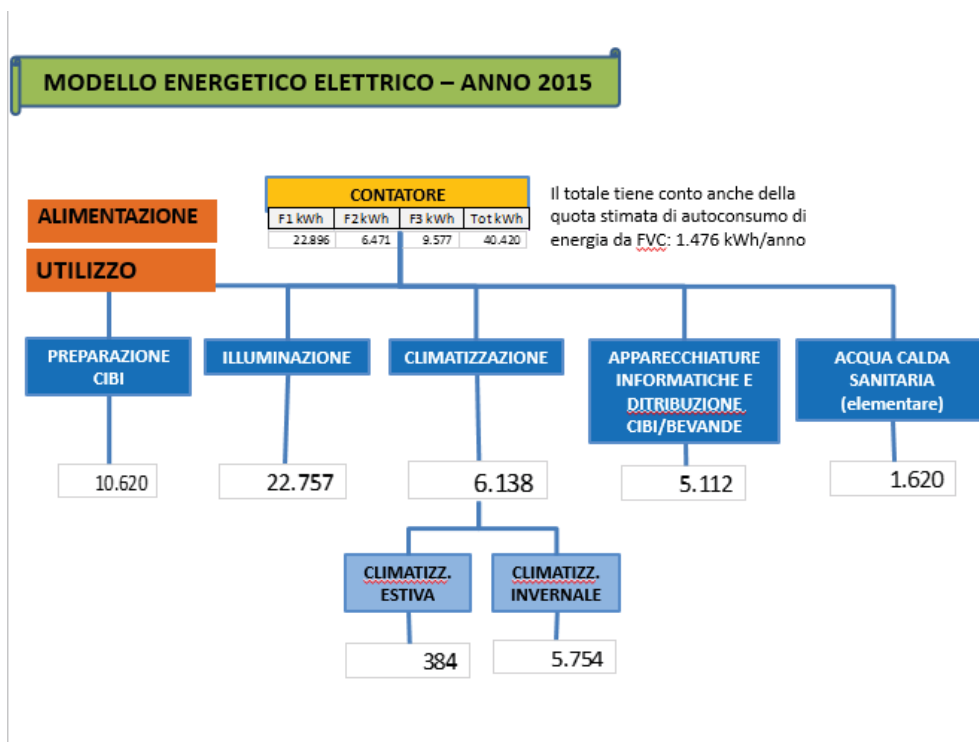


Figura 7 – Modello energetico elettrico

Ne risulta una fotografia completa per definire la baseline elettrica.

Allo stesso scopo è stato costruito un modello energetico termico relativo all'anno 2015, di seguito illustrato:

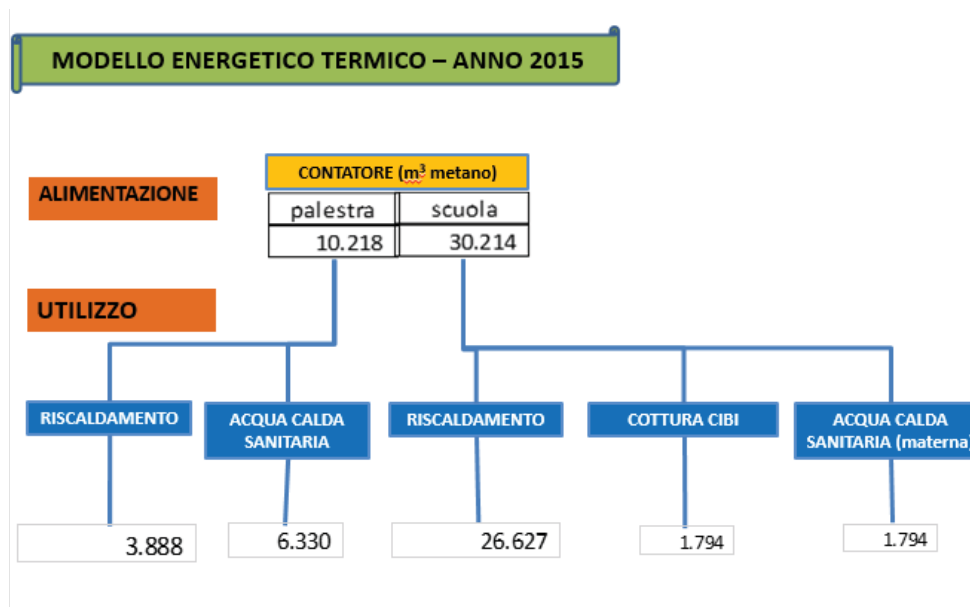


Figura 8 – Modello energetico termico

Per i consumi termici non è presente un unico contatore per il consumo di gas metano della scuola e un altro per il consumo di gas metano della palestra. La suddivisione per uso finale è stata effettuata sulla base di dati di letteratura. In particolare per la suddivisione dei consumi termici della palestra in riscaldamento e acqua calda sanitaria si fa riferimento a (Elia S., 2012). Nello stesso documento è contenuta un'analisi dei consumi di energia termica nelle mense, che è stata utilizzata come riferimento per la suddivisione del consumo di energia termica della scuola in usi finali in quanto è presente anche la mensa.

4.7.6. Valutazione dei consumi energetici specifici del sito

a. Illuminazione

Per quanto riguarda i consumi per illuminazione interna è stato rilevato in campo il numero di apparecchiature presenti e la relativa tipologia. La valutazione dell'energia elettrica consumata per illuminazione interna è stata calcolata con la metodologia LENI in conformità alla norma UNI EN 15193.

Il LENI ha dato come risultato un consumo per illuminazione interna pari a 22.757 kWh/anno (di cui 3.260 kWh/anno per l'illuminazione della palestra, 1.540 kWh/anno per l'illuminazione dei locali ad

uso della Filarmonica nel soppalco della palestra, 17.950 kWh/anno per l'illuminazione dell'edificio scolastico.

b. Climatizzazione

Per quanto riguarda i consumi per climatizzazione sono stati rilevati in campo i dati di targa delle apparecchiature impiantistiche presenti e le potenze così ottenute sono state moltiplicate per il numero di ore di accensione programmato (fornito dal Comune), applicando anche eventuali coefficienti (di parzializzazione, di carico, ecc.) per tenere conto delle condizioni variabili in funzione della stagione.

c. Apparecchiature ICT e distributori di cibi e bevande

Sulla base dei dati di targa delle apparecchiature presenti, rilevati in campo, è stata fatta una stima dei consumi annuali dovuti ad apparecchiature ICT e distributori automatici di cibi e bevande.

Le caratteristiche delle apparecchiature ICT presenti in campo sono state confrontate con quelle di alcuni dispositivi simili di cui l'AE dispone di dati di consumo reale (Gerbo R. A. F., 2013) in seguito ad attività pregresse di monitoraggio (monitoraggio dei consumi reali effettuato puntualmente in modalità utilizzo e stand-by, con uso strumento Energy Logger 4000 di Voltcraft che permette la misura istantanea e l'archiviazione dei seguenti dati: tensione, corrente, frequenza, potenza attiva, potenza apparente, fattore di potenza, energia attiva. Si rimanda all'allegato 1 per le specifiche tecniche dello strumento. E' stato quindi stimato un consumo medio annuo basato sulla media statistica dei consumi di dispositivi confrontabili oggetto di tale campagna di misura sperimentale).

Per quanto riguarda i consumi dei distributori automatici di cibi e bevande si è fatto riferimento ai dati di letteratura reperibili su web. Nel dettaglio per le macchine per caffè a cialde è stata utilizzata la seguente fonte: (topten, 2016).

d. Consumi energetici per preparazione cibi

I consumi di energia termica per la preparazione dei cibi sono stati individuati, come descritto in precedenza, sulla base di quanto emerso dallo studio ENEA (Elia S., 2012). Per quanto riguarda la stima dei consumi di energia elettrica connessi alle apparecchiature a supporto della cucina, è stata utilizzata la metodologia suggerita all'interno dello stesso documento che prevede la stima dei consumi di apparecchiature operative 24 ore su 24 (frigoriferi, congelatori, ecc.) sulla base della potenza massima assorbita in fascia oraria notturna F3 (dato messo a disposizione dal Comune in quanto presente in bolletta) moltiplicata per il numero di ore di accensione (tutti i giorni dell'anno ad

esclusione dei mesi estivi), epurata della potenza assorbita da altre apparecchiature operative in orario notturno (ad esempio: distributori automatici di cibi e bevande, illuminazione di emergenza, ecc.). Il consumo di energia elettrica delle apparecchiature utilizzate per la preparazione dei cibi è invece stato stimato sulla base della differenza di potenza massima assorbita in fascia diurna F1 (orario durante il quale avviene la preparazione cibi) e in fascia serale F2 (orario durante il quale sono accese mediamente le stesse apparecchiature accese anche in fascia F1, ma non vengono utilizzate quelle specifiche per la preparazione cibi). E' stato così stimato che la potenza mediamente assorbita dalle apparecchiature a supporto della preparazione cibi in funzione 24 ore su 24 sia pari a 1,5 kW e che la potenza mediamente assorbita dalle altre apparecchiature utilizzate per la preparazione dei cibi sia pari a 5 kW.

4.8. Criteri di revisione e analisi dei dati preliminari

L'AE ha analizzato le informazioni raccolte e fornite dal Comune, riesaminando la validità del campo di applicazione e i confini dell'audit e valutato che le informazioni fornite dal Comune consentissero il raggiungimento degli obiettivi concordati relativamente al processo di DE.

In base ai dati raccolti, l'AE, sulla base della sua esperienza e competenza, ha individuato i sistemi che utilizzano l'energia e gli elementi da controllare in loco, considerando le finalità, il campo di applicazione e l'accuratezza della DE concordati.

L'analisi dei dati raccolti prima del sopralluogo ha consentito di:

- a) Individuare gli usi energetici significativi;
- b) effettuare un'analisi preliminare del bilancio energetico dell'oggetto controllato sulla base dei dati energetici;
- c) confermare i fattori di aggiustamento pertinenti;
- d) definire i relativi indicatori di prestazione energetica;
- e) creare un riferimento iniziale per l'energia (baseline energetica) da utilizzare per quantificare l'impatto degli interventi di risparmio energetico;
- f) definire il piano di raccolta dati e la non necessità di ulteriori misurazioni da effettuare durante il lavoro sul campo.

Questa fase ha anche consentito di individuare un elenco preliminare delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica.

4.9. Indicatori energetici di performance e riferimento (benchmark / target)

La scelta dei valori di riferimento degli indicatori di prestazione ha tenuto conto di:

- obblighi di legge per i nuovi edifici/gli edifici oggetto di ristrutturazione;

- la migliore tecnologia disponibile correlata a costi medi di realizzazione accettabili in ottica costi benefici;
- i valori tipici (statistici) per gli edifici nuovi / esistenti.

4.9.1. Indicatori globali scelti

Sono stati definiti valori medi unitari (benchmark), anche attraverso dati reperibili in letteratura (Ariaudo F., 2010) (Corgnati S. P., 2010) (Gerbo R. A. F., 2015), articolati in cluster specifici, in base alla zona climatica di appartenenza.

Di seguito si riportano i valori dei benchmark con i quali sono stati confrontati i valori di consumo emersi dalla presente diagnosi energetica.

Indicatore	Valore di riferimento	U.M.
Consumo di energia elettrica per unità di volume	5,00	kWh/m ³
Consumo di energia termica per unità di volume (scuola)	31,17 ¹	kWh/m ³

Per la palestra non è stato possibile reperire in letteratura un dato sufficientemente rappresentativo e confrontabile rispetto alla realtà oggetto di analisi.

4.9.2. Indicatori dettagliati scelti

Sono stati assunti a riferimento per valutazioni specifiche anche i seguenti indicatori:

- valore di trasmittanza termica U per gli elementi disperdenti pari ai valori limite per l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0 attualmente in vigore (D.M. 16/02/2016), riportati nella seguente tabella.

ZONA CLIMATICA E	U lim [W/m²K]
PARETI (insufflaggio)	0,30
COPERTURE	0,20
PAVIMENTI	0,25
SERRAMENTI	1,30

¹ Il valore di riferimento è da intendersi riferito alla stagione con clima convenzionale del sito in cui sorge l'edificio. Conseguentemente può variare di anno in anno in funzione della differente rigidità climatica: se il clima è stato meno rigido il valore di riferimento sarà inferiore e viceversa in caso di clima più rigido rispetto alla stagione convenzionale

b) per l'illuminazione interna di edifici scolastici sono stati assunti i seguenti valori di riferimento indicati da Norma UNI EN 15193 – LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) riferiti a potenza media installata per unità di superficie e del LENI:

- Potenza media installata per unità di superficie netta: 15 W/m²;
- LENI: 34,9 kWh/m².

per l'illuminazione interna degli spazi adibiti a palestra sono stati assunti i seguenti valori di riferimento indicati da Norma UNI EN 15193 – LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) riferiti a potenza media installata per unità di superficie e del LENI:

- Potenza media installata per unità di superficie netta: 10 W/m²;
- LENI: 43,7 kWh/m².

4.10. Sopralluogo

DATA SOPRALLUOGO	29/12/2016
------------------	------------

Le visite in loco sono state svolte in linea con le indicazioni della norma UNI CEI EN 16247-1 (in particolare punto 5.4.3).

L'AE ha in sintesi:

- a) ispezionato il sito verificando la correttezza dei dati ricevuti in precedenza;
- b) valutato per ogni servizio significativo dell'edificio il livello attuale e prevedibile futuro (se varierà) del servizio (ad es. temperatura, illuminamento, ecc);
- c) verificato che i sistemi tecnici fossero adeguati per gli scopi previsti e per fornire il livello di servizio richiesto;
- d) valutato le prestazioni dei sistemi tecnici, tenendo conto della "catena di sviluppo energetico" (generazione, stoccaggio, distribuzione e sistema di emissione e regolazione), anche ove possibile in relazione ai comportamenti dei sistemi tecnici (ad esempio al variare delle domande stagionali);
- e) confermato o incrementato le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica individuate e i relativi vincoli e restrizioni.

Nel seguito si riporta in sintesi quanto emerso nel sopralluogo, anche attraverso uso di check –list.

Nel rispetto del livello di approfondimento e del campo di applicazione concordati, la DE ha prodotto:

- modelli / calcoli per determinare l'attuale profilo d'uso di energia e le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica;
- verifica per coerenza che l'effettiva misura dei consumi di energia e i calcoli riflettano i valori e le condizioni reali (uso, occupazione, temperature interne, clima, ecc), del sito oggetto di DE;
- per i servizi di comfort ambientale (con modello dell'edificio stabilito e convalidato rispetto all'uso effettivo di energia) l'individuazione e valutazione degli indicatori di prestazione energetica, come il consumo specifico di energia (kWh/m³ anno), per confronto con i valori di riferimento appropriati finalizzati all'individuazione di possibili opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica;
- ordinamento delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica ritenute appropriate, in una sequenza finalizzata all'ottimizzazione progressiva della prestazione energetica.

5. Attuali livelli di consumo energetico (baseline) e spesa - Sintesi

I consumi energetici risultano, espressi in termini di energia primaria, pari a:

TEP	en. Termica	en. Elettrica	tot	var %
2010	24,32	8,55	32,87	-19%
2011	26,18	7,74	33,92	-17%
2015	33,15	7,56	40,71	

Il dato 2015 relativo all'energia termica è dato dalla somma dei consumi di energia termica della palestra e dell'edificio scolastico. Per gli anni 2010 e 2011 non è noto se i consumi dichiarati di energia termica tengano conto o meno dei consumi per la palestra. Per completezza si riporta quindi il prospetto precedente da cui sono stati esclusi i consumi di energia termica per la palestra:

TEP	en. Termica	en. Elettrica	tot	var %
2010	24,32	8,55	32,87	2%
2011	26,18	7,74	33,92	5%
2015	24,78	7,56	32,33	

In questo secondo prospetto si evidenzia una minima riduzione dei consumi di energia termica nel 2015 rispetto al 2010 e 2011 che fa pensare al fatto che i consumi termici 2010 e 2011 in possesso dell'AE non tengano conto dei consumi termici della palestra. Inoltre il dato espresso in tep non tiene

conto delle variazioni climatiche, che verranno analizzate nei successivi paragrafi, in grado di giustificare la riduzione dei consumi termici a causa della minore rigidità climatica della stagione 2015.

Di seguito si riporta il grafico dei consumi di energia elettrica suddivisi per uso finale. La suddivisione dei consumi di energia elettrica per uso finale è stata ottenuta come descritto in precedenza. I consumi di energia elettrica non sono stati suddivisi tra palestra ed edificio scolastico in quanto il contatore è unico.

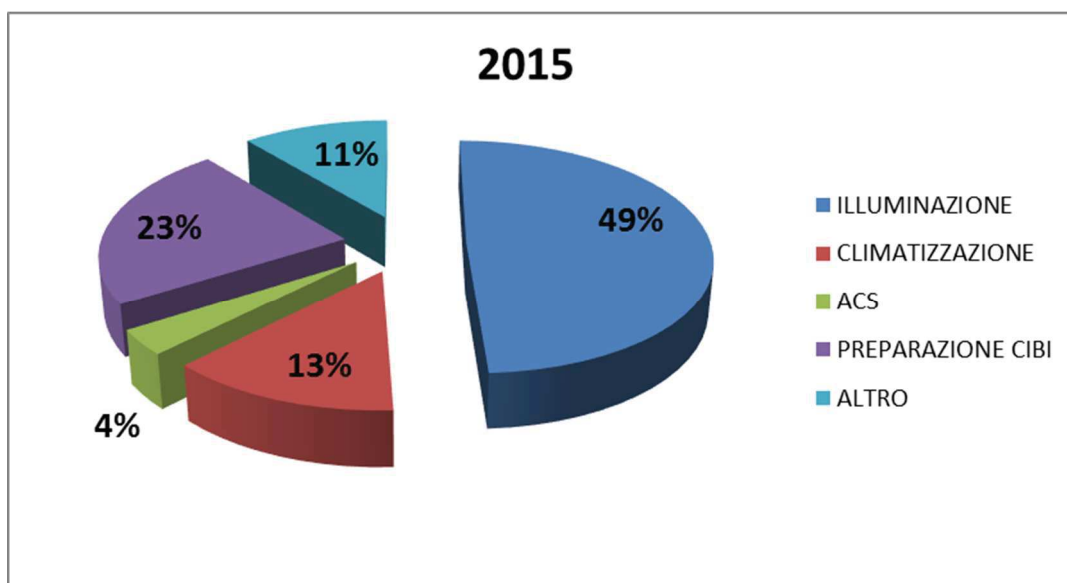


Figura 9 - Incidenza % di ogni uso finale significativo sui consumi di energia elettrica totale nell'anno 2015

Di seguito si riporta il grafico dei consumi di energia termica dell'edificio scolastico, suddivisi per uso finale. La suddivisione dei consumi di energia termica per uso finale è stata ottenuta come descritto in precedenza.

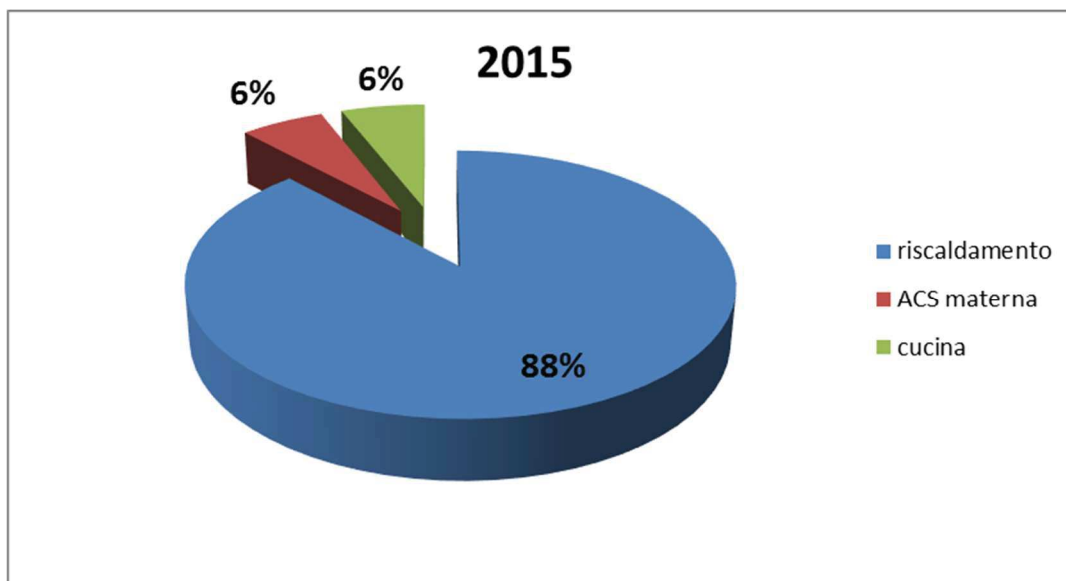


Figura 10 - Incidenza % di ogni uso finale significativo sui consumi di energia termica dell'edificio scolastico nell'anno 2015

Di seguito si riporta il grafico dei consumi di energia termica della palestra, suddivisi per uso finale. La suddivisione dei consumi di energia termica per uso finale è stata ottenuta come descritto in precedenza.

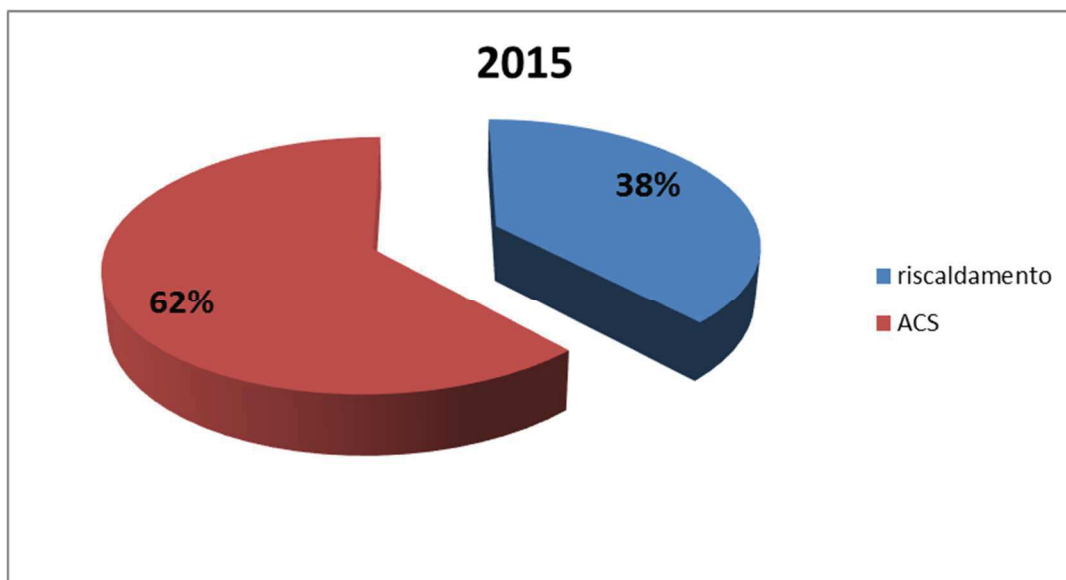


Figura 11 - Incidenza % di ogni uso finale significativo sui consumi di energia termica della palestra nell'anno 2015

Ai suddetti consumi energetici corrisponde la seguente spesa energetica (complessiva per scuola e palestra):

Spesa [€]	en. Termica	en. Elettrica	tot	var %	€/m ³ gas naturale	€/kWh elettrico
2010	€ 21.289,00	€ 8.348,00	€ 29.637,00	-29%	€ 0,72	€ 0,18
2011	€ 24.780,00	€ 7.293,00	€ 32.073,00	-23%	€ 0,78	€ 0,18
2015	€ 32.847,85	€ 8.919,53	€ 41.767,38		€ 0,81	€ 0,23
media	€ 26.305,62	€ 8.186,84	€ 34.492,46		€ 0,77	€ 0,20

e le seguenti emissioni climalteranti, complessive per scuola e palestra (si evidenzia che le emissioni derivanti da energia elettrica sono state conteggiate solo per la quota non di provenienza da fonti rinnovabili):

EMISSIONI	en.termica				en.elettrica				totale			
	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO _{2eq}	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO _{2eq}	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CO _{2eq}
2010	57,83	0,0025	0,0010	58,17	17,63	0,00080	0,00021	17,70	75,45	0,0033	0,0012	75,87
2011	62,25	0,0027	0,0011	62,62	15,95	0,00072	0,00019	16,02	78,20	0,0035	0,0013	78,63
2015	78,84	0,0035	0,0014	79,31	15,01	0,00068	0,00018	15,07	93,85	0,0041	0,0016	94,38

Di seguito si riporta la sintesi degli indicatori di prestazione energetica dell'edificio scolastico confrontati con i benchmark (si ricorda che i consumi di energia elettrica sono riferiti all'intero complesso, inclusa la palestra):

Indicatori di Prestazione Energetica

		2010		2011		2015	
	U.M.	reale	benchmark	reale	benchmark	reale	benchmark
Sup. netta	m ²	1.911	-	1.911	-	1.911	-
Vol. lordo	m ³	8.581	-	8.581	-	8.581	-
Alunni	-	344	-	344	-	319	-
EN.ELETTRICA TOTALE/ VOL	kWh _e /m ³	3,87	5,00	3,50	5,00	3,42	5,00
ILLUMINAZIONE/SUPERFICIE	kWh _e /m ²	9,35	34,90	9,35	34,90	9,35	34,90
CLIMATIZZAZIONE + ACS (GAS NATURALE) /VOL	kWh _t /m ³	32,97	32,93	35,49	28,18	32,59	27,55
CLIMATIZZAZIONE + ACS (GAS NATURALE) /ALUNNO	kWh _t /alunno	822,40	870,74	885,34	745,13	876,69	728,53

Di seguito si riporta la sintesi degli indicatori di prestazione energetica della palestra (riferiti quindi al solo consumo di energia termica):

		2015	
	U.M.	reale	benchmark
Sup. netta	m^2	524	-
Vol. lordo	m^3	3.232	-
CLIMATIZZAZIONE + ACS (GAS NATURALE) /VOL	kWh _t /m ³	26,97	ND

6. Potenziale di risparmio energetico - sintesi

Dall'analisi dei dati riportati nel paragrafo precedente emerge che l'edificio presenta un miglioramento della prestazione energetica progressivo durante gli anni analizzati. Il consumo di energia elettrica totale per unità di volume è sempre inferiore al benchmark, e in progressiva riduzione. Il consumo di energia elettrica per illuminazione è pari a circa un terzo del benchmark. Tale situazione, positiva dal punto di vista dei consumi energetici e delle emissioni climalteranti conseguenti, è però da valutare tenendo conto del fatto che in alcuni locali sembra presente un valore di potenza illuminante installata per unità di superficie troppo basso per assicurare la prestazione luminosa necessaria. Tale aspetto verrà approfondito nell'analisi di dettaglio.

L'indicatore di prestazione energetica per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria risulta sempre superiore al valore di riferimento. Nell'ultimo anno, da un'analisi degli indicatori normalizzati al fine di tener conto della ridotta rigidità climatica, risulta tuttavia un lieve miglioramento rispetto alla stagione 2011.

Permangono quindi margini di miglioramento immediati, grazie all'implementazione di interventi di tipo gestionale a costo basso o nullo, sull'impianto di illuminazione interna oltre che a lungo termine, grazie ad interventi globali su involucro e impianti di climatizzazione.

7. Sintesi degli interventi individuati (con valutazione costi / benefici)

L'analisi di dettaglio che giustifica la scelta degli interventi è riportata nella parte 2 del presente documento.

7.1. Formazione e sensibilizzazione degli utenti finali (formazione e motivazione, il cambiamento del comportamento)

- si consiglia di sensibilizzare gli insegnanti e il personale della scuola affinché gestiscano al meglio le valvole termostatiche presenti per consentire un miglior confort degli alunni e massimizzare allo stesso tempo il risparmio energetico. Inoltre si consiglia di sensibilizzare gli insegnanti e il personale della scuola affinché vengano spente tutte le apparecchiature non utilizzate e le luci in assenza di persone in aula (anche durante le pause ad esempio). Infine si raccomanda di sensibilizzare il terzo responsabile in modo che gestisca gli impianti di riscaldamento sfruttando anche le code termiche, avvalendosi ad esempio di strumenti di supporto gestionale quale l'Energy Signature (come illustrato nella parte 2 del presente documento).

7.2. Misure a basso costo

- Sostituzione della caldaia per il riscaldamento della scuola. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 10.500 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 4.400 €/anno sui consumi di energia termica. Il costo dell'intervento è stato stimato al netto del contributo del 55% dell'investimento ottenibile grazie al Conto Termico 2.0.
- Sostituzione della caldaia per il riscaldamento della palestra. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 6.400 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 2.000 €/anno sui consumi di energia termica. Il costo dell'intervento è stato stimato al netto del contributo del 55% dell'investimento ottenibile grazie al Conto Termico 2.0.
- Installazione di sistema di spegnimento automatico notturno delle apparecchiature elettriche non necessarie (scuola). Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 500 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 250 €/anno sui consumi di energia elettrica.
- Installazione di sistema di spegnimento automatico notturno delle apparecchiature elettriche non necessarie (palestra). Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 500 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 60 €/anno sui consumi di energia elettrica.

7.3. Misure a costo elevato

- Sostituzione dei 3 boiler elettrici per la produzione di acqua calda sanitaria con scaldacqua a pompa di calore elettrica. L'intervento presenta un costo di circa 1.800 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia elettrica, pari a 12 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto

- costi/benefici nemmeno usufruendo del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 40% dell'investimento (per un massimo di 400 € a pompa di calore).
- Relamping led (palestra). L'intervento presenta un costo di circa 12.000 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia elettrica, pari a 620 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto costi/benefici (non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesta una riduzione della potenza attualmente installata almeno pari al 50%, non realizzabile con l'attuale impianto elettrico).
 - Relamping led (scuola). L'intervento presenta un costo di circa 38.000 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia elettrica, pari a 2.600 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto costi/benefici (non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesta una riduzione della potenza attualmente installata almeno pari al 50%, non realizzabile con l'attuale impianto elettrico).
 - Coibentazione pareti perimetrali attraverso insufflaggio di materiale isolante in intercapedine (palestra). L'intervento presenta un costo di circa 16.300 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, pari a 450 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto costi/benefici (non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesto un valore di trasmittanza termica finale della parete non raggiungibile). Si segnala un conseguente aumento del comfort degli occupanti che però non incide sul risparmio energetico.
 - Coibentazione pareti perimetrali attraverso insufflaggio di materiale isolante in intercapedine (scuola). L'intervento presenta un costo di circa 39.000 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, pari a 1.500 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto costi/benefici (non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesto un valore di trasmittanza termica finale della parete non raggiungibile). Si segnala un conseguente aumento del comfort degli occupanti che però non incide sul risparmio energetico.
 - Sostituzione dei serramenti (palestra). La sostituzione dei serramenti presenta un costo di circa 36.500 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, pari a 3.000 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto costi/benefici nemmeno usufruendo del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 55% dell'investimento (per un massimo di 100.000 €). Si segnala

un conseguente notevole aumento del comfort degli occupanti che però non incide sul risparmio energetico.

- Sostituzione dei serramenti (scuola). La sostituzione dei serramenti presenta un costo di circa 95.000 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, pari a 4.400 €. L'intervento non risulta conveniente da un punto di vista di rapporto costi/benefici nemmeno usufruendo del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 55% dell'investimento (per un massimo di 100.000 €). Si segnala un conseguente notevole aumento del comfort degli occupanti che però non incide sul risparmio energetico.
- Allacciamento rete di teleriscaldamento. Attualmente non è presente una rete di riscaldamento a servizio della zona in cui sorge il complesso scolastico. La rete più vicina attualmente è quella di Chieri, la cui centrale dista circa 12 km dal complesso scolastico.

7.4. Sintesi

Tabella 1 – Sintesi delle opportunità d'intervento sull'edificio scolastico (ipotesi di utilizzo di capitali propri)

INTERVENTO (in ordine di priorità)	SOSTITUZIONE CALDAIA *	SPEGNIMENTO AUTOMATICO ILLUMINAZIONE	SOSTITUZIONE BOILER ACS **	RELAMPING LED	INSUFFLAGGIO PARETI	SOSTITUZIONE SERRAMENTI *
I ₀	€ 10.530	€ 500	€ 1.800	€ 37.760	€ 39.062	€ 94.760
RISPARMIO ANNUO MEDIO	€ 4.371	€ 249	€ 12	€ 2.603	€ 1.512	€ 4.390
TR	2,4	2,0	151,7	14,5	25,8	21,6
VAN	€ 52.644	€ 3.664	-€ 4.133	-€ 12.350	-€ 31.695	-€ 176.919
VAN/I	5,0	7,3	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 2 - Sintesi delle opportunità d'intervento sull'edificio scolastico (ipotesi di richiesta di finanziamento)

INTERVENTO (in ordine di priorità)	SOSTITUZIONE CALDAIA *	SOSTITUZIONE SERRAMENTI *	SPEGNIMENTO AUTOMATICO ILLUMINAZIONE	INSUFFLAGGIO PARETI	SOSTITUZIONE BOILER ACS **	RELAMPING LED
I ₀	€ 10.530	€ 94.760	€ 500	€ 39.062	€ 1.800	€ 37.760
RISPARMIO ANNUO MEDIO	€ 4.371	€ 4.390	€ 249	€ 1.512	€ 12	€ 2.603
TR	2,4	21,6	2,0	25,8	151,7	14,5
VAN	€ 50.378	€ 15.293	€ 3.013	-€ 34	-€ 4.164	-€ 19.148
VAN/I	4,8	0,2	6,0	-	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 3 - Sintesi delle opportunità d'intervento sulla palestra (ipotesi di utilizzo di capitali propri)

INTERVENTO (in ordine di priorità)	SOSTITUZIONE CALDAIA *	SPEGNIMENTO AUTOMATICO ILLUMINAZIONE	RELAMPING LED	INSUFFLAGGIO PARETI	SOSTITUZIONE SERRAMENTI *
I ₀	€ 6.435	€ 500	€ 12.080	€ 16.335	€ 36.531
RISPARMIO ANNUO MEDIO	€ 2.081	€ 61	€ 623	€ 464	€ 3.093
TR	3,1	8,2	19,4	35,2	11,8
VAN	€ 22.620	€ 356	-€ 10.041	-€ 20.672	-€ 36.260
VAN/I	NON SIGNIFICATIVO	0,7	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 4 - Sintesi delle opportunità d'intervento sulla palestra (ipotesi di richiesta di finanziamento)

INTERVENTO (in ordine di priorità)	SOSTITUZIONE SERRAMENTI *	SOSTITUZIONE CALDAIA *	SPEGNIMENTO AUTOMATICO ILLUMINAZIONE	INSUFFLAGGIO PARETI	RELAMPING LED
I ₀	€ 36.531	€ 6.435	€ 500	€ 16.335	€ 12.080
RISPARMIO ANNUO MEDIO	€ 3.093	€ 2.081	€ 61	€ 464	€ 623
TR	11,8	3,1	8,2	35,2	19,4
VAN	€ 33.631	€ 22.652	€ 196	-€ 5.408	-€ 11.668
VAN/I	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO	0,4	NON SIGNIFICATIVO	NON SIGNIFICATIVO

PARTE 2 – DETTAGLI DELLA DE

8. Dati di base dell'edificio e dei sistemi tecnici

8.1. Descrizione dell'involucro edilizio

8.1.1. Struttura e pareti opache

Non è stato possibile verificare in campo la stratigrafia, essa è stata ipotizzata sulla base dello spessore rilevato e dell'epoca di costruzione.

Il complesso, come detto in precedenza, è composto da due porzioni di edificio di epoche differenti, oltre all'edificio a sé stante che ospita la palestra. La struttura portante è a travi e pilastri in calcestruzzo armato sia per la scuola sia per la palestra. I tamponamenti della scuola, anche se di epoche diverse, presentano tutti lo stesso spessore, pari a 41,5 cm. E' stata quindi supposta una stratigrafia composta da intonaco esterno, mattoni forati (in alcuni punti mattoni faccia a vista) da 12 cm, intercapedine d'aria ferma dello spessore di 14 cm, mattoni forati da 12 cm e intonaco interno. In corrispondenza della maggior parte dei radiatori, tale lo spessore del tamponamento si riduce a 21,5 cm e la stratigrafia è stata supposta come segue: intonaco esterno, mattoni forati (in alcuni punti mattoni faccia a vista) da 12 cm, mattoni forati da 6 cm e intonaco interno.

Il tamponamento del portico dove ora è presente la scuola materna presenta uno spessore di 37,5 cm. La stratigrafia, grazie al supporto dell'Ufficio Tecnico del Comune di Villanova d'Asti che ha commissionato l'intervento alcuni anni fa, è stata supposta composta da: intonaco esterno, blocco in calcestruzzo alveolare dello spessore di 12 cm, strato isolante in lana di roccia di 10 cm, blocco in calcestruzzo alveolare dello spessore di 12 cm, cartongesso e intonaco interno. In corrispondenza dei radiatori delle aule lo spessore del tamponamento si riduce a 15,5 cm con un'ipotetica stratigrafia realizzata da intonaco esterno, blocco in calcestruzzo alveolare dello spessore di 12 cm, intonaco interno. Il tamponamento della testata dello stesso portico è stato recentemente coibentato dall'interno in occasione di un consolidamento strutturale. La risultante stratigrafia ipotizzata è quindi così composta: intonaco esterno, blocco in calcestruzzo alveolare dello spessore di 12 cm, strato isolante in lana di roccia di 10 cm, cartongesso e intonaco interno.

	U MEDIA
PARETI	[W/m ² K]
Esterno	0,81

I tamponamenti della palestra sono tutti spessi 38 cm e si ipotizza la seguente stratigrafia: intonaco esterno, mattoni forati da 12 cm, intercapedine d'aria ferma dello spessore di 10,5 cm, mattoni forati da 12 cm e intonaco interno.

PARETI	U MEDIA [W/m ² K]
Esterno	0,56

Tutti i solai dei sottotetti della scuola, in laterocemento, sono stati coibentati con 10 cm di lana di roccia all'estradosso. Il tetto della scuola, ad esclusione della falda sud, è realizzato in tegole poggianti su orditura in legno. La falda sud ospita, per l'intera estensione, parte dell'impianto fotovoltaico.

La copertura della palestra è stata interamente rifatta nel 2012 in seguito alla bonifica da amianto ed attualmente è realizzata in pannelli sandwich coibentati, su cui appoggia, su entrambe le falde, l'altra porzione dell'impianto fotovoltaico.

8.1.2. Serramenti

I serramenti dell'edificio scolastico sono tutti caratterizzati da telaio in metallo e vetro semplice, ad esclusione dei serramenti presenti nel tamponamento del portico al piano terreno, realizzati con telaio in alluminio senza taglio termico e vetro stratificato.

Il rapporto tra superficie disperdente verticale trasparente e superficie disperdente verticale opaca è pari a 31%.

SERRAMENTI	U MEDIA [W/m ² K]
Esterno	5,71

Anche i serramenti della palestra presentano le stesse caratteristiche della maggior parte dei serramenti della scuola, ad esclusione della fascia superiore trasparente che corre tutto intorno al perimetro della copertura della palestra, realizzata in polycarbonato con telaio in alluminio senza taglio termico.

Il rapporto tra superficie disperdente verticale trasparente e superficie disperdente verticale opaca è pari a 4%.

SERRAMENTI	U MEDIA [W/m ² K]
Esterno	4,07

Il calcolo della trasmittanza termica degli elementi dell'involucro e le relative dispersioni sono stati effettuati in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300 per mezzo dell'utilizzo del programma TERMOLOG EPIX7. Il software in oggetto è conforme alle specifiche tecniche UNI TS 11300-1:2014, alla UNI TS 11300-2:2014, alla UNI TS 11300-3:2010, alla UNI TS 11300-4:2016, alla UNI TS 11300-5:2016, alla UNI TS 11300-6:2016, alla UNI EN 15193:2008. La conformità di Termolog EpiX 7 alla procedura di calcolo è attestata dal certificato num. 65 rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano in data 15/03/2017.

L'involucro opaco verticale risulta sostanzialmente adeguato nella porzione di tamponamento del porticato della scuola materna, mentre risulta a basse prestazioni energetiche nella restante porzione di edificio scolastico e nella palestra. I solai disperdenti verso i sottotetti non riscaldati presentano coibentazione, così come il solaio di copertura della palestra.

I serramenti presentano basse prestazioni energetiche, con anche elevati problemi di tenuta all'aria.

8.1.3. Incidenza degli elementi disperdenti

Nei grafici seguenti si riporta l'incidenza percentuale dell'area di ogni tipologia di superficie disperdente presente nel complesso scolastico rispetto al totale delle superfici disperdenti di involucro.

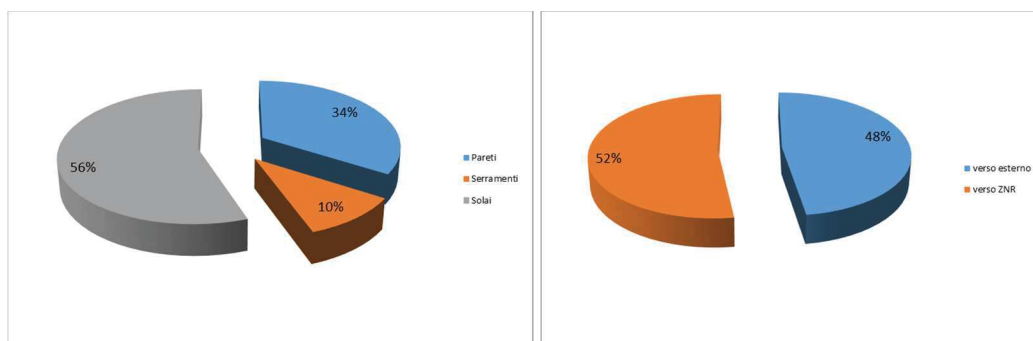


Figura 12 - Incidenza % delle tipologie di elementi disperdenti sulla superficie disperdente totale dell'edificio scolastico

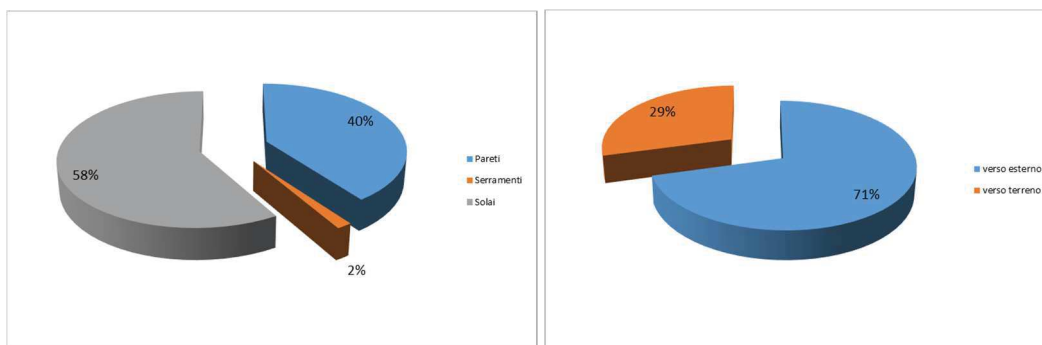


Figura 13 - Incidenza % delle tipologie di elementi disperdenti sulla superficie disperdente totale della palestra

I serramenti dell'edificio scolastico, in termini di area, rappresentano una piccola quota di superficie disperdente totale, ma sono responsabili di buona parte delle dispersioni attraverso l'involucro a causa della loro scarsa prestazione energetica, come dimostrato nei grafici seguenti.

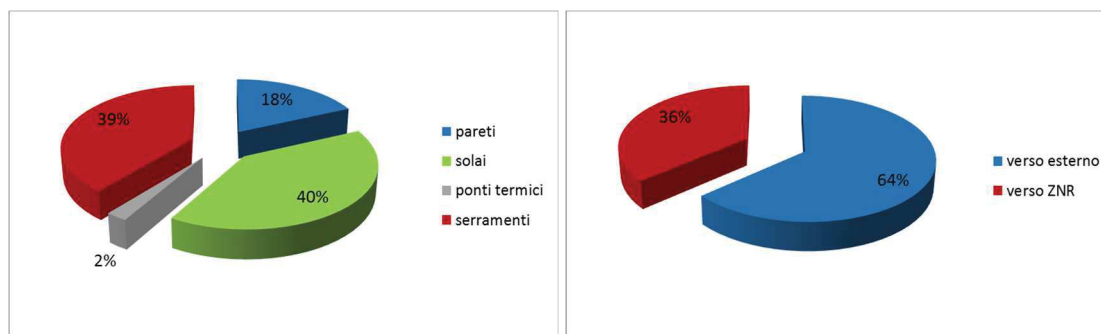


Figura 14 - Incidenza % di ogni elemento disperdente rispetto alle dispersioni totali attraverso l'involucro dell'edificio scolastico

Nel caso della palestra i serramenti rappresentano una percentuale così piccola della superficie disperdente che pur essendo a bassa prestazione energetica, non sono responsabili di un'elevata quota di dispersione termica verso l'esterno. In questo caso le pareti da sole sono responsabili di oltre la metà delle dispersioni.

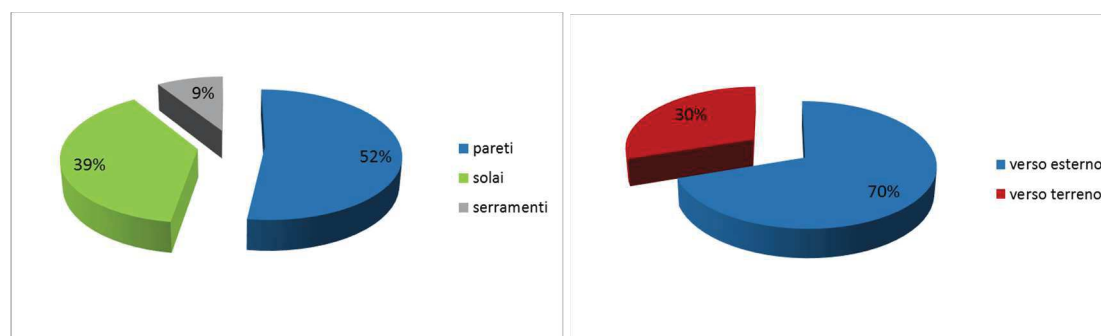


Figura 15 - Incidenza % di ogni elemento disperdente rispetto alle dispersioni totali attraverso l'involucro della palestra

8.2. Descrizione dei sistemi tecnici per la climatizzazione e la produzione di ACS

L'impianto di climatizzazione dell'edificio scolastico, di tipo ad acqua (radiatori), è costituito dai seguenti elementi:

- 1 caldaia tradizionale a gas metano, marca Belleli, prodotta nel 1978, di potenza termica utile 488,46 kW (potenza al focolare 542,19 kW), che alimenta il circuito ad acqua calda per il riscaldamento ambientale tramite radiatori (dotati di valvole termostatiche nelle aule). La caldaia è collocata nel locale tecnico al piano interrato, dotato di aperture verso l'esterno e accesso dedicato sempre dall'esterno.

E' presente un insieme di pompe, non dotate di inverter, utilizzate per la distribuzione dell'acqua per il riscaldamento, per una potenza installata complessiva di 1,425 kW.

L'acqua calda sanitaria a servizio dell'edificio scolastico è prodotta tramite i seguenti sistemi:

- 1 boiler elettrico a servizio del bagno del refettorio al piano terreno, marca ARISTON, modello SEER, di potenza elettrica pari a 1,2 kW e capacità 80 litri;
- 1 boiler elettrico a servizio dei bagni del primo piano (manica ovest), marca LIKE, modello EVI505, di potenza elettrica pari a 1,2 kW e capacità 50 litri;
- 1 boiler elettrico a servizio dei bagni del primo piano (manica sud), marca STYLEBOILER, modello SB5, di potenza elettrica pari a 1,2 kW e capacità 80 litri;
- 1 caldaia murale tradizionale a gas metano, marca RINNAI, modello REU-V2632W-E, di potenza termica utile pari a 44 kW (potenza al focolare 48 kW), a servizio della cucina e dei bagni della scuola materna. La caldaia è collocata sulla muratura perimetrale esterna dell'edificio.

I bagni del piano terreno della manica ovest non sono dotati di acqua calda sanitaria.

Nessun ambiente dell'edificio scolastico è dotato di climatizzazione estiva né di ventilazione meccanica.

Il riscaldamento ambientale e la produzione di acqua calda nella palestra sono garantiti da:

- 1 caldaia tradizionale a gas metano, marca Sant'Andrea, modello GA 160, prodotta nel 1994, di potenza termica utile pari a 186 kW (potenza al focolare 206 kW), che alimenta il circuito ad acqua calda per il riscaldamento degli spogliatoi tramite ventilconvettori, dei bagni tramite radiatori e della palestra tramite aerotermini e produce acqua calda sanitaria a servizio dei bagni. La caldaia è collocata nel locale tecnico al piano terreno, addossato alla parete nord della palestra;

- 1 radiatore elettrico marca VORTICE, con potenza elettrica pari a 0,6 kW, per il riscaldamento della cabina silente nel soppalco della palestra;
- 1 radiatore elettrico marca VORTICE, con potenza elettrica pari a 1 kW, per il riscaldamento della workstation nel soppalco della palestra;
- 2 monosplit in pompa di calore marca AERMEC, modello LC101 (con unità interna a pavimento), potenza utile in riscaldamento pari a 12 kW/cad (potenza elettrica pari a 3,4 kW/cad), portata d'aria 2000 m³/h cad, alimentati da fluido refrigerante R410A (3,5 kg/cad) a servizio degli ambienti principali dei locali utilizzati dalla Filarmonica nel soppalco della palestra.

E' presente un insieme di pompe, non dotate di inverter, utilizzate per la distribuzione dell'acqua per il riscaldamento e dell'acqua calda sanitaria, per una potenza installata complessiva di 1,316 kW.

Il soppalco della palestra, utilizzato dalla Filarmonica, è raffrescato dai 2 monosplit sopraindicati, con potenza utile in raffrescamento pari a 10 kW/cad (potenza elettrica pari a 3,2 kW/cad).

Gli altri locali non sono dotati di raffrescamento né di ventilazione meccanica.

8.2.1. Valutazione dello stato dei sistemi per la climatizzazione

L'impianto di climatizzazione invernale è obsoleto in quanto risalente al 1978 circa. La caldaia a servizio dell'edificio scolastico è ancora quella installata in origine, risalente per l'appunto al 1978. Il bruciatore è stato sostituito nel 1998, come da libretto d'impianto secondo DM 10/02/2014, ma si tratta comunque di caldaia non a condensazione. Inoltre l'ultimo controllo di efficienza energetica effettuato il 02/02/2017 ha evidenziato un rendimento piuttosto basso, pari a 89,4% (rendimento minimo di legge rispettato in quanto pari a 87,2%).

La caldaia a servizio della palestra è più recente, poiché è stata sostituita nel 1994 in seguito all'allagamento del locale tecnico. Si tratta anche in questo caso di caldaia non a condensazione. L'ultimo controllo di efficienza energetica effettuato il 02/02/2017 ha evidenziato un buon rendimento, pari a 95,4% (rendimento minimo di legge rispettato in quanto pari a 88,54%).

8.3. Descrizione impianto di illuminazione

Nella tabella seguente si riportano le informazioni relative all'impianto di illuminazione dell'edificio scolastico, basate sui dati di targa rilevati in campo e sul progetto esecutivo dell'impianto elettrico del 2000.

ILLUMINAZIONE	h/giorno	num	regolazione	P corpo illuminante	P TOT [kW]
lampade fluorescenti tubolari	10	14	sensore di presenza	1 x 18 W	0,25
lampade fluorescenti tubolari	10	46	manuale	1 x 36 W	1,66
lampade fluorescenti tubolari	10	12	sensore di presenza	1 x 36 W	0,43
lampade fluorescenti tubolari	10	145	manuale	1 x 58 W	8,41
lampade fluorescenti tubolari	10	2	sensore di presenza	1 x 58 W	0,12
lampade fluorescenti tubolari	10	15	manuale	4 x 18 W	1,08
lampade fluorescenti tubolari	10	18	manuale	2 x 36 W	1,30
lampade fluorescenti tubolari	10	6	manuale	2 x 58 W	0,70

Per un totale di 14 kW installati.

Nella tabella seguente si riportano le informazioni relative all'impianto di illuminazione della palestra, basate sui dati di targa rilevati in campo e sul progetto esecutivo dell'impianto elettrico del 2000.

ILLUMINAZIONE	h/giorno	num	regolazione	P corpo illuminante	P TOT [kW]
lampade fluorescenti tubolari	8	12	manuale	1 x 18 W	0,22
lampade fluorescenti tubolari	8	20	manuale	4 x 18 W	1,44
lampade fluorescenti tubolari	8	12	manuale	2 x 58 W	1,39

Per un totale di 3 kW installati.

8.3.1. Valutazione dello stato dei sistemi per l'illuminazione artificiale

La totalità delle lampade è a fluorescenza. L'impianto è di realizzazione abbastanza recente (2000).

8.4. Descrizione apparati elettrici presenti

Nella tabella seguente si riportano le informazioni relative agli apparati elettrici presenti.

marca	modello	anno	assorbimento	UM	luogo	piano	funzione
LAVAZZA	EP 2100 ESPRESSO POINT	2000	630	W	segreteria	PT	macchina caffè calde
RICOH	MP2501SP		1550	W	segreteria	PT	fotocopiatrice
DIXIE NARCO	DNCB 300CC/1,75-5		1,75	kW	segreteria	PT	distributore
LAVAZZA	EP 2100 ESPRESSO POINT	2001	630	W	corridoio	P1	macchina caffè calde
ELECTROLUX ZANUSSI per LAVAZZA	957001				corridoio	P1	distributore bevande calde
EPSON	EB480		300	W	aula informatica	P1	proiettore
SAMSUNG	UE48J5000AKXZT		48	W	aula10	P1	TV
LEXMARK	T644				aula informatica	P1	stampante
FUJITSU SIEMENS	SCENICVIEW A17-3				aula informatica	P1	monitor PC
					aula informatica	P1	DESKTOP
BROTHER	HL-2310				aula informatica	P1	stampante
DELL					aula materna1	PT	monitor PC
BROTHER					aula materna1	PT	stampante
					aula materna1	PT	DESKTOP
TOSHIBA	estudio140F				corridoio materna	PT	FAX
SMEG	LBW65E (EK0642CR1200/ITL)				DISIMPEGNO	PT	LAVATRICE
FRIGOVELL					cucina	PT	CONGELATORE
					cucina	PT	PASSAPATATE
ALI LAINOX	LX TYP SVGA20S	2010	27	kW	cucina	PT	FORNO ELETTRICO
ZANUSSI					cucina	PT	FRIGORIFERO
ZANUSSI					cucina	PT	FRIGORIFERO
SIRMAN			290	W	cucina	PT	TAGLIASALUMI
SIRMAN	TMA	2003	515	W	cucina	PT	PASSAPATATE
SIRMAN	TCG 22 MAGN INOR	2004	1100	W	cucina	PT	TRITAVERDURE
			1,02	kW	cucina	PT	CAPPA ASPIRANTE
					cucina	PT	FORNELLI A GAS
ELFRAMO	C411101001		6,2	kW	cucina	PT	LAVASTOVIGLIE
ZANUSSI	LS-6		5,35	kW	cucina	PT	LAVASTOVIGLIE
LEXMARK	X543				soppalco palestra	P1	stampante multifunzione

Per quanto riguarda le apparecchiature ICT e assimilabili, il consumo annuo è stato calcolato pari a circa un terzo di quello di riferimento per uso ufficio in quanto l'utilizzo di tali apparecchiature all'interno di una scuola difficilmente risulta continuativo come nel caso degli uffici.

Per quanto riguarda le apparecchiature presenti in cucina, la metodologia utilizzata per il calcolo del consumo mensile ed annuale è stata illustrata nei parametri precedenti. I valori di assorbimento elettrico, dove disponibili, sono stati utilizzati per la verifica delle ipotesi effettuate.

9. Audit dei consumi energetici e dei sistemi tecnici

9.1. Analisi dei consumi energetici

L'AE ha analizzato il risparmio energetico potenziale in accordo con lo scopo e la finalità dell'audit, attraverso un'analisi che ha restituito:

- per ogni servizio all'edificio un confronto effettivo rispetto ad un adeguato livello del servizio (ad esempio criteri ambientali interni, ecc), ponendo particolare attenzione al fatto che il livello di servizio (per esempio la temperatura, il livello d'illuminamento) non venisse

compromesso da eventuali misure di risparmio energetico proposte, nel rispetto della conformità legislativa;

- b) la valutazione della prestazione effettiva dei sistemi tecnici rispetto a un riferimento adeguato;
- c) la valutazione delle prestazioni dell'involucro edilizio (stima livelli di isolamento, tenuta all'aria ecc.);
- d) la valutazione della prestazione energetica globale del sistema edificio - impianto, tenendo conto della potenziale interazione tra i sistemi tecnici e l'involucro edilizio.

9.1.1. Raccolta, andamenti e ripartizione dei consumi energetici

L'AE ha individuato (precisando quali flussi di energia si basano su misurazioni e quali su stime/calcoli):

- a) la ripartizione dell'energia erogata per vettore energetico in termini di consumo, costi ed emissioni in unità coerenti;
- b) la ripartizione dei consumi per usi finali di energia in termini assoluti o specifici e in unità energetiche coerenti, in particolare:
 - 1. la fornitura dei servizi di comfort ambientale (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, ecc);
 - 2. le attività nell'edificio e l'uso di apparecchi/elettrodomestici a supporto delle attività (ad esempio, macchine per ufficio, apparecchiature per preparazione cibi, ecc);
 - 3. altri usi energetici.

I sistemi tecnologici sono stati analizzati e suddivisi secondo i seguenti sottosistemi:

- a) sistemi di generazione;
- b) sistemi di distribuzione;
- c) sistemi di erogazione (come corpi scaldanti, elementi di raffreddamento e illuminazione) e regolazione.

a. Consumi energetici

Sono stati analizzati i consumi di energia elettrica a livello mensile degli anni 2009, 2010, 2011, 2014 (parziali), 2015 e 2016 e i consumi di energia termica a livello mensile degli anni 2009 (parziale), 2010, 2011 e 2015. Per la palestra sono stati analizzati i soli consumi di energia termica disponibili, cioè quelli relativi al 2015. I consumi di energia elettrica sono inclusi in quelli totali del complesso scolastico.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi dei profili di consumo.

b. Andamento dei consumi di energia termica

Il dato di consumo termico di ogni singolo mese è stato normalizzato rispetto alle condizioni climatiche dell'anno 2015 in modo da svincolare gli andamenti dei consumi dalle differenze climatiche tra un anno e l'altro. Il consumo mensile normalizzato è stato calcolato con la seguente formula:

$$C_{M,norm} = \frac{C_{M,reale} \cdot GG_{M,reale,2015}}{GG_{M,reale,anno}}$$

Con:

$C_{M,norm}$ = consumo mensile normalizzato rispetto all'anno 2015

$C_{M,reale}$ = consumo mensile reale dell'anno oggetto di analisi

$GG_{M,reale,2015}$ = Gradi Giorno mensili reali relativi allo stesso mese del consumo dell'anno 2015

$GG_{M,reale,anno}$ = Gradi Giorno mensili reali relativi allo stesso mese del consumo dell'anno oggetto di analisi

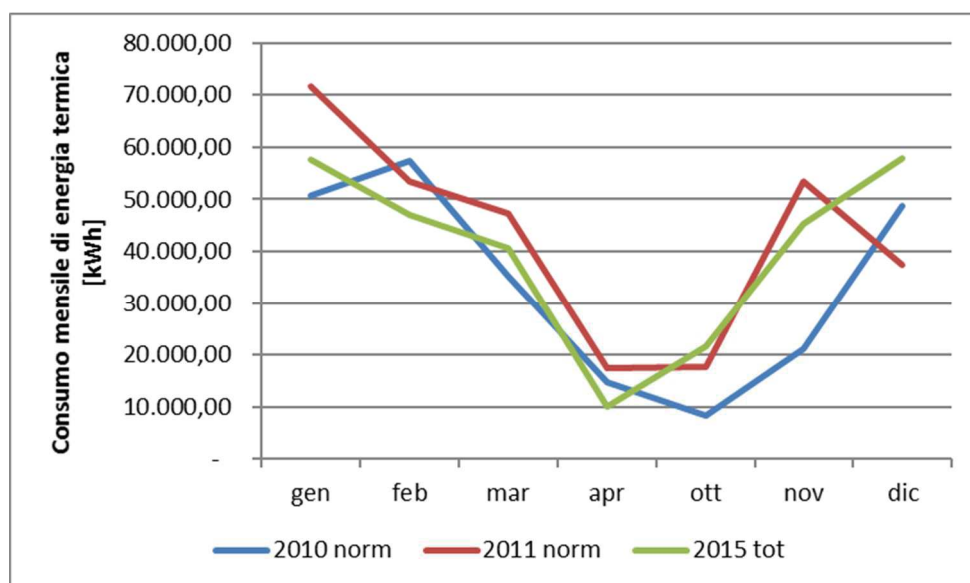


Figura 16 – Profilo di consumo mensile di energia termica (solo mesi invernali) per il riscaldamento dell'edificio scolastico (incluso cottura cibi e ACS materna) nei tre anni completi analizzati, normalizzato rispetto alle condizioni climatiche dell'anno 2015 per garantirne la confrontabilità

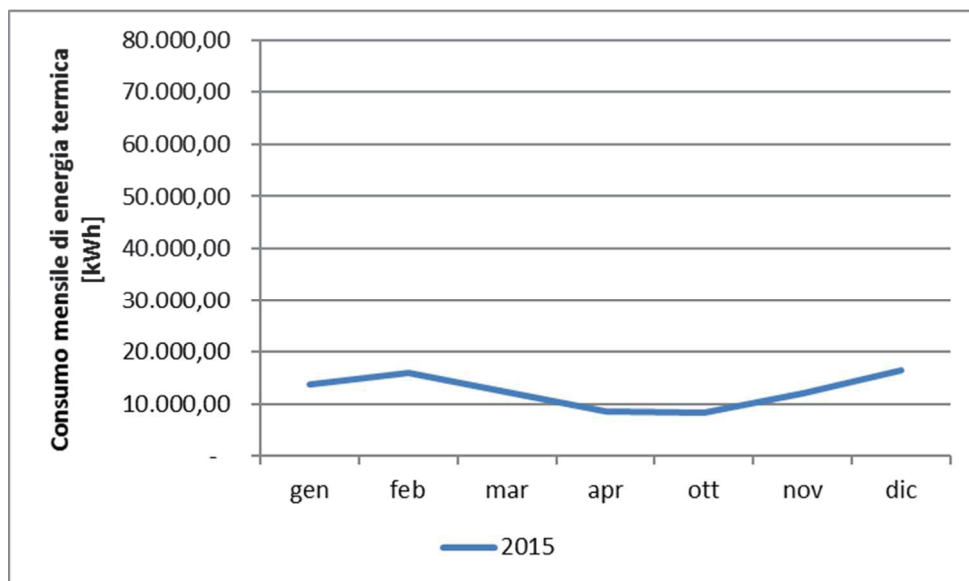


Figura 17 – Profilo di consumo mensile di energia termica (solo mesi invernali) per il riscaldamento e la produzione dell'ACS della palestra nel 2015

Dal grafico relativo alla palestra emerge come il consumo principale di combustibile sia connesso alla produzione di acqua calda sanitaria più che al riscaldamento degli ambienti.

La seguente tabella riporta l'andamento del consumo mensile di energia termica dell'edificio scolastico per unità di volume lordo per riscaldamento durante i 3 anni analizzati. Anche in questo caso i dati relativi agli anni 2010 e 2011 sono stati normalizzati rispetto alle condizioni climatiche del 2015.

kWh/m ³	gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic	TOT
2010 norm	5,90	6,67	4,11	1,72	0,98	2,47	5,69	27,55
2011 norm	8,36	6,22	5,50	2,04	2,05	6,22	4,36	34,75
2015 tot	6,70	5,47	4,72	1,16	2,51	5,29	6,75	32,59

c. Andamento dei consumi di energia elettrica

Per le analisi sono stati utilizzati i dati presenti nelle bollette, basati su letture reali del consumo e non su stime.

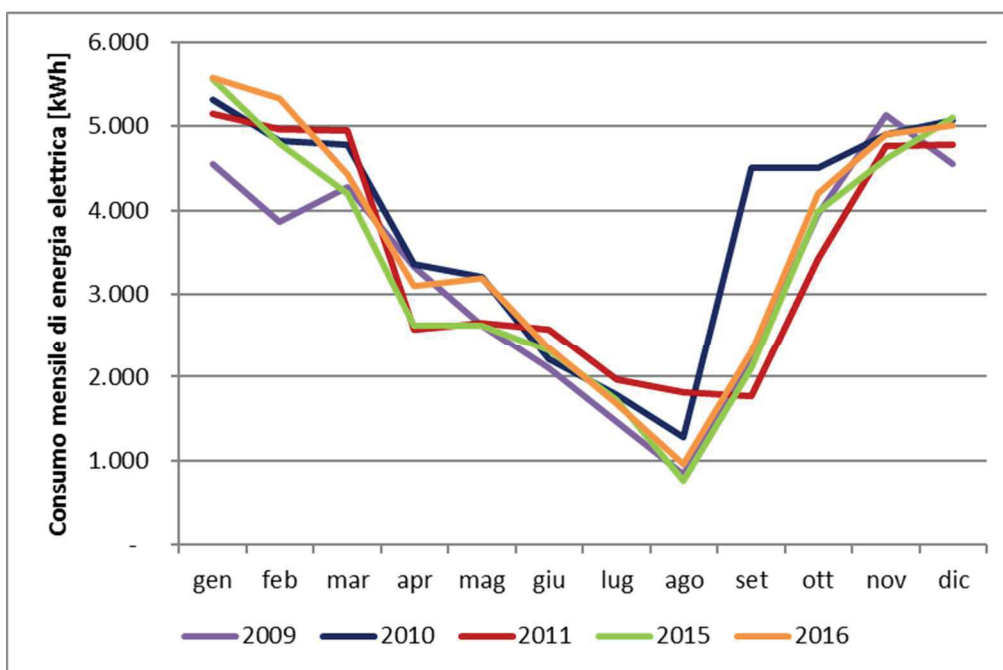


Figura 18 - Profilo di consumo mensile di energia elettrica dell'intero complesso per i 5 anni analizzati

La seguente tabella riporta l'andamento del consumo mensile di energia elettrica per unità di superficie netta durante i 5 anni oggetto di analisi.

kWh/m ²	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOT
2009	2,39	2,02	2,24	1,75	1,38	1,10	0,76	0,44	1,17	2,07	2,69	2,38	20,38
2010	2,78	2,53	2,50	1,76	1,68	1,16	0,93	0,67	2,36	2,36	2,57	2,65	23,94
2011	2,70	2,60	2,59	1,35	1,39	1,35	1,03	0,95	0,92	1,79	2,49	2,50	21,66
2015	2,91	2,51	2,20	1,38	1,37	1,22	0,90	0,40	1,11	2,09	2,42	2,67	21,16
2016	2,91	2,79	2,32	1,62	1,67	1,23	0,88	0,51	1,21	2,20	2,56	2,62	22,53

Di seguito si riporta l'analisi degli scostamenti percentuali avvenuti mensilmente, per fascia di consumo di energia elettrica, tra il 2016 e il 2015. Infatti il 2016 è stato un anno caratterizzato da un piccolo aumento dei consumi di energia elettrica, pari al 7%. E' da segnalare che la palestra presenta orari di utilizzo che variano nell'anno e tra un anno e l'altro quindi è più che ragionevole che siano presenti variazioni. Tuttavia si segnala che tali variazioni sono maggiormente frequenti in fascia F2 (spiegabile eventualmente con una maggiore richiesta di utilizzo della palestra rispetto all'anno 2015) e in fascia F3. In fascia F3 i consumi dovrebbero essere minimi e costanti nel tempo. Una così frequente variazione dei consumi, anche se con una bassa incidenza sul consumo complessivo e conseguentemente sulla spesa annuale, potrebbe essere dovuta ad apparecchiature, magari anche per la climatizzazione, dimenticate accese oltre l'orario necessario. Si raccomanda quindi di valutare l'ipotesi di installare dei sistemi che garantiscano la possibilità di spegnere automaticamente tali apparecchiature non necessarie oltre l'orario di utilizzo, previa verifica della fattibilità tecnica. Nell'analisi costi - benefici si riporta un'ipotesi di risparmio connessa all'installazione di tali sistemi a

servizio dell'illuminazione, da estendere anche ad altri carichi non necessari (apparecchiature ICT, radiatori elettrici, pompe di calore, boiler per ACS, ...) per i quali è difficilmente prevedibile il risparmio in quanto troppo aleatoria la possibilità o meno di trovarli accesi oltre l'orario di necessaria accensione.

Tabella 5 – Confronto dei consumi elettrici mensili del complesso scolastico, per fascia oraria e totali, tra il 2015 e il 2016

2016 VS 2015				
 mese	F1	F2	F3	TOT
gen	-9%	7%	16%	0%
feb	10%	15%	12%	11%
mar	-4%	14%	27%	6%
apr	15%	41%	17%	19%
mag	30%	15%	15%	24%
giu	6%	1%	-7%	1%
lug	-19%	6%	21%	-2%
ago	15%	36%	26%	26%
set	1%	25%	24%	10%
ott	-4%	1%	54%	6%
nov	12%	-6%	0%	6%
dic	2%	9%	-13%	-2%
anno	4%	10%	12%	7%

Di seguito si riportano i consumi di energia elettrica mensili, suddivisi per fascia di consumo, per gli anni 2015 e 2016.

Si noti come emerge la presenza di apparecchiature energivore sempre accese durante gli orari notturni dei mesi invernali, quindi probabilmente connesse alla climatizzazione.

Inoltre il consumo in fascia F3 non presenta nessuna variazione significativa nei due mesi estivi di chiusura rispetto ai restanti mesi dell'anno. Si raccomanda di valutare la possibilità di spegnere i frigoriferi e i congelatori e i distributori durante i mesi di chiusura del complesso scolastico.

Tabella 6 – Consumi elettrici mensili del complesso scolastico, per fascia oraria e totali, per il 2015 e il 2016

2015					2016				
mese	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT [kWh]	mese	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT [kWh]
gen	3.156	882	1.466	5.504	gen	2.879	945	1.695	5.519
feb	2.784	773	1.148	4.705	feb	3.071	887	1.281	5.239
mar	2.544	612	895	4.051	mar	2.452	695	1.135	4.282
apr	1.570	368	488	2.426	apr	1.800	519	571	2.890
mag	1.516	390	472	2.378	mag	1.969	447	542	2.958
giu	1.068	369	552	1.989	giu	1.127	373	515	2.015
lug	859	358	500	1.717	lug	700	378	603	1.681
ago	152	197	414	763	ago	175	267	523	965
set	1.211	329	411	1.951	set	1.228	410	508	2.146
ott	2.657	645	572	3.874	ott	2.557	651	880	4.088
nov	2.778	747	1.021	4.546	nov	3.110	704	1.017	4.831
dic	2.601	801	1.638	5.040	dic	2.650	873	1.424	4.947
anno	22.896	6.471	9.577	38.944	anno	23.718	7.149	10.694	41.561

Dall'analisi delle potenze massime assorbite mensilmente in ciascuna fascia di consumo, emerge ancora con maggiore evidenza quanto descritto in precedenza: durante i mesi invernali ci sono da 2 a 6 kW di apparecchiature elettriche operative in più rispetto ai mesi non invernali.

Tabella 7 – Potenze elettriche massime assorbite mensilmente dal complesso scolastico, per fascia oraria, per il 2015 e il 2016

2015				2016			
mese	F1 [kW]	F2 [kW]	F3 [kW]	mese	F1 [kW]	F2 [kW]	F3 [kW]
gen	27	21	8	gen	ND	ND	ND
feb	26	22	7	feb	27	20	8
mar	25	16	6	mar	23	18	10
apr	20	14	5	apr	19	14	5
mag	19	12	4	mag	20	14	3
giu	13	10	5	giu	17	11	6
lug	10	9	5	lug	8	7	5
ago	6	5	2	ago	3	5	4
set	20	13	4	set	19	13	4
ott	22	18	5	ott	24	16	10
nov	24	20	11	nov	25	19	6
dic	24	21	9	dic	26	20	7

d. Energia primaria

Di seguito si riporta la suddivisione percentuale, su base annua, per vettore energetico del consumo energetico totale espresso in tep.

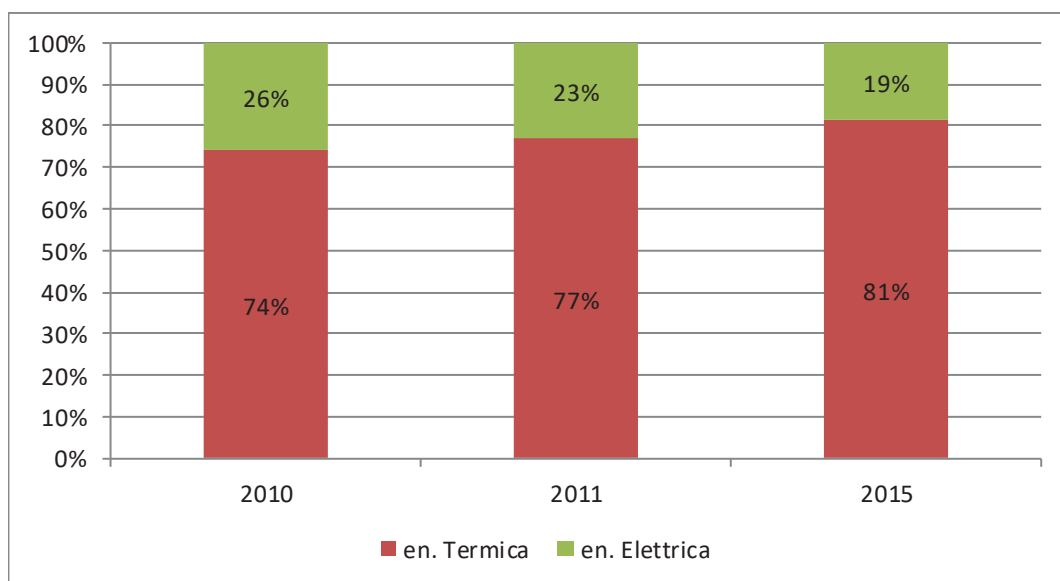


Figura 19 - Suddivisione percentuale, su base annua, per vettore energetico dei consumi (in tep) dell'intero complesso scolastico

e. Spesa energetica

Di seguito si riporta la suddivisione percentuale, su base annua, per vettore energetico della spesa energetica totale.

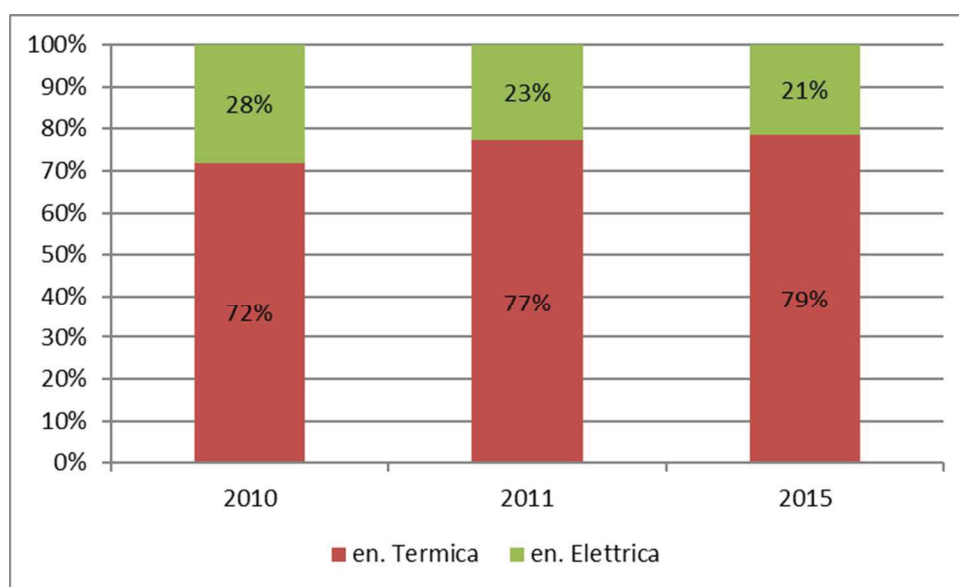


Figura 20 - Suddivisione percentuale, su base annua, per vettore energetico dei costi per l'intero complesso scolastico

Considerate le tariffe per le forniture energetiche l'AE non ritiene prioritaria una revisione dei contratti per la fornitura di energia. Sulla base dell'esperienza, la tariffa del gas metano è ottimale. Per quanto riguarda l'energia elettrica, si consiglia di valutare offerte di fornitori che porti il costo del kWh

elettrico a 0,23 – 0,25 € invece degli attuali 0,26 €/kWh. Si raccomanda inoltre di verificare la possibilità di ottenere l'IVA agevolata sulle fatture di energia elettrica consumata dalla scuola. Non essendo infatti presente fonte di reddito connessa all'edificio scolastico (ad esempio affitto dei locali, ecc..) è possibile richiedere tale agevolazione. Valutare se possibile estendere l'agevolazione anche alla palestra in funzione degli eventuali contratti presenti (Filarmonica, Associazione sportive, ecc..).

f. Emissioni GHG

Di seguito si riporta la suddivisione percentuale, su base annua, per vettore energetico delle emissioni GHG totali.

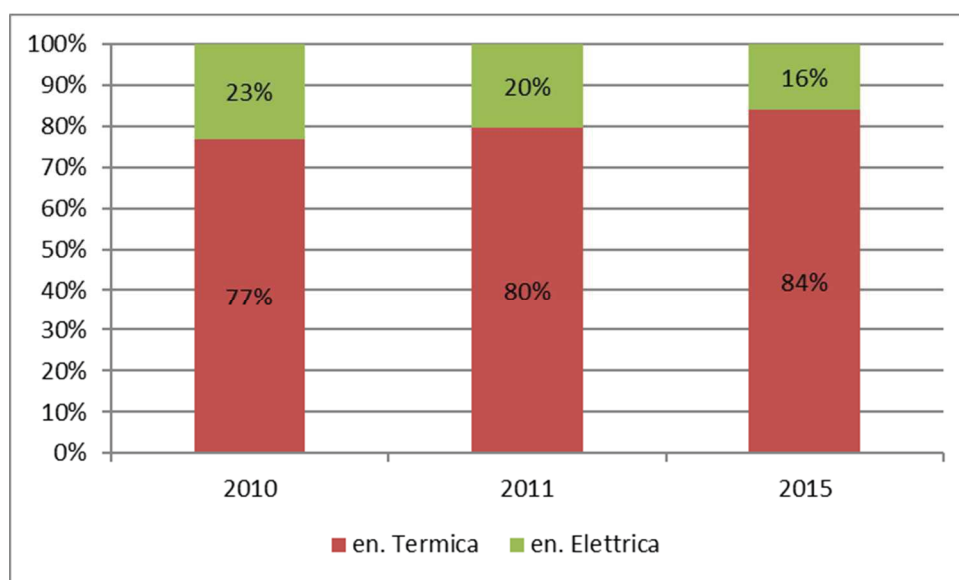


Figura 21 - Suddivisione percentuale, su base annua, per vettore energetico delle emissioni GHG per l'intero complesso scolastico

g. Temperature esterne

A supporto delle analisi si riporta una sintesi delle condizioni climatiche esterne mensili dei tre anni oggetto di analisi.

2010	t media est	t max est	t min est	2011	t media est	t max est	t min est	2015	t media est	t max est	t min est
GENNAIO	- 0,3	2,8	- 5,9	GENNAIO	1,6	5,6	- 6,4	GENNAIO	3,5	9,3	- 5,0
FEBBRAIO	2,3	7,1	- 7,4	FEBBRAIO	5,1	10,7	- 4,9	FEBBRAIO	3,7	8,8	- 5,2
MARZO	7,2	12,5	- 3,8	MARZO	8,6	14,1	- 1,5	MARZO	9,5	15,2	- 1,5
APRILE	12,7	19,2	0,3	APRILE	15,6	22,7	6,2	APRILE	13,5	20,5	0,6
MAGGIO	16,0	22,1	6,3	MAGGIO	19,2	26,3	6,4	MAGGIO	17,9	24,8	8,7
GIUGNO	20,9	27,1	9,0	GIUGNO	20,6	26,3	11,9	GIUGNO	22,5	29,1	13,3
LUGLIO	25,3	31,9	14,0	LUGLIO	21,7	27,7	10,8	LUGLIO	27,2	34,4	16,6
AGOSTO	22,0	28,7	7,8	AGOSTO	24,1	31,2	11,2	AGOSTO	23,3	30,1	13,5
SETTEMBRE	17,7	24,1	6,4	SETTEMBRE	20,9	27,9	7,6	SETTEMBRE	17,7	23,7	4,7
OTTOBRE	11,3	16,3	1,3	OTTOBRE	13,1	19,7	1,5	OTTOBRE	12,4	17,8	3,0
NOVEMBRE	7,0	10,3	- 6,1	NOVEMBRE	7,3	12,4	- 1,7	NOVEMBRE	8,3	15,0	- 4,1
DICEMBRE	0,4	4,2	- 9,6	DICEMBRE	4,0	10,2	- 5,8	DICEMBRE	4,5	9,9	- 4,0

Da cui emerge che la stagione invernale 2015 è stata leggermente meno rigida delle altre analizzate.

9.2. Confronto tra i dati di consumo ricavabili dal censimento degli elementi energivori (IPO) e i consumi ricavabili dai contatori generali del sito (IPE)

Il confronto dei dati di consumo reale con la stima basata sui dati di targa rilevati in campo è stato effettuato in conformità a quanto previsto dal rapporto tecnico UNI CEI/TR 11428:2011 "Gestione dell'energia – Diagnosi energetiche – Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica".

Essendo disponibile un indicatore IPE complessivo per l'energia elettrica, sono stati stimati gli indicatori IPO per uso finale significativo (illuminazione, climatizzazione, produzione ACS, preparazione cibi e altro, tra cui apparecchiature ICT e distributori automatici di cibi e bevande) e la somma di tali indicatori è stata confrontata con l'IPE complessivo.

Lo scostamento tra tale sommatoria degli IPO (calcolati tenendo conto dei consumi per la produzione di acqua calda sanitaria, per l'illuminazione, per le pompe dell'impianto di climatizzazione, per il riscaldamento e il raffrescamento ambientale, per le macchine ICT, per la preparazione cibi) è pari al 14% (11% rispetto al 2016), corrispondente a usi energetici differenziati, con bassa incidenza sul totale e piccole aleatorietà legate alle ipotesi assunte.

Di seguito si riportano i calcoli relativi agli indicatori IPO.

9.2.1. Stima dei consumi per illuminazione interna

La metodologia LENI ha permesso di stimare il consumo energetico per illuminazione interna a partire dai dati di targa e/o progetto esecutivo e dalle ore di accensione degli apparecchi illuminanti negli ambienti a differente destinazione d'uso. Per il 2015 tale valore (IPO) è risultato pari a 17.954 kWh per l'edificio scolastico, 3.260 kWh per la palestra e 1.542 kWh per i locali utilizzati dalla Filarmonica. Non essendo disponibile il relativo IPE non è stato possibile effettuare il confronto.

Il valore di potenza media unitaria installata per unità di superficie e il valore del LENI ottenuti rientrano nei parametri di riferimento.

	LENI [kWh/m ²]	Pot installata [W/m ²]
scuola	9,26	8,42
BENCHMARK	34,90	15,00
palestra	7,67	4,89
BENCHMARK	43,70	10,00
filarmonica	14,79	13,56
BENCHMARK	34,90	15,00

Tuttavia i valori di potenza installata per unità di superficie nella palestra e nella scuola risultano molto bassi. Si raccomanda quindi di verificare che le apparecchiature presenti siano effettivamente in grado di garantire il livello minimo di illuminamento richiesto (pari a 300 lux nella maggior parte dei locali regolarmente occupati presenti nel complesso scolastico). In particolare sembrano anomali i seguenti ambienti:

- Palestra (esclusi spogliatoi, bagni, corridoi, ...) con $P = 4,86 \text{ W/m}^2$
- Aula sud scuola materna con $P = 4,55 \text{ W/m}^2$
- Aula sud attività libere scuola materna con $P = 3,01 \text{ W/m}^2$
- Segreteria scuola elementare piano terreno con $P = 7,71 \text{ W/m}^2$.

9.2.2. Stima dei consumi per macchine ICT e distributori automatici

Sulla base del numero e della tipologia di apparecchiature presenti, della stima delle ore di utilizzo in funzione degli effettivi orari di occupazione della scuola, del consumo medio derivante da monitoraggio di macchine similari sono stati calcolati i seguenti consumi annuali di energia elettrica per apparecchiature ICT e distributori automatici per cibi e bevande: 5.112 kWh. I distributori automatici con buona probabilità hanno un elevato contributo all'interno di questa voce. I nuovi distributori automatici presentano dispositivi che permettono un'elevata riduzione dei consumi energetici. Non essendo noto l'anno di produzione dei distributori automatici presenti nella scuola, non è stato possibile capire se si tratti di distributori di nuova generazione e sono stati quindi considerati di vecchia generazione. Per una migliore valutazione di tali consumi si suggerisce il monitoraggio diretto di tali distributori, per un tempo sufficientemente rappresentativo della giornata tipo.

9.3. Analisi della componente gestionale

9.3.1. Utilizzo dello spazio scolastico

A livello europeo viene ritenuto ottimale uno spazio per alunno pari a 6 m². Molto spesso le scuole risultano sovradimensionate rispetto a tale valore, con conseguenti sprechi di energia termica ed

elettrica per la gestione di spazi maggiori rispetto a quanto necessario. Nel caso della scuola oggetto di analisi l'indice di spazio disponibile per alunno è perfettamente allineato al benchmark europeo.

9.3.2. Energia elettrica: fattore N/F

E' stato analizzato il fattore N/F su base mensile, cioè il rapporto fra i consumi in fascia F2 (serale e sabato) e F3 (notturna e festiva) rispetto a F1 (diurna). Il target, derivante da esperienze pregresse su campioni significativi di edifici simili, è 0,33.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori del fattore N/F medi mensili e medi annuali. I valori evidenziati in grigio fanno riferimento a periodi in cui l'utilizzo dell'edificio è ridotto a causa della pausa estiva e conseguentemente è normale trovare valori di N/F molto distanti dal target in quanto i consumi negli orari serali e notturni diventano spesso confrontabili a quelli degli orari diurni. A tal proposito il valore medio annuale è stato calcolato sulla base dei soli mesi di utilizzo regolare dell'edificio, cioè quelli in bianco.

	2015	2016
mese	N/F	N/F
gen	0,77	0,92
feb	0,74	0,71
mar	0,69	0,75
apr	0,59	0,61
mag	0,55	0,50
giu	0,57	0,79
lug	0,86	1,40
ago	1,00	4,51
set	4,02	0,75
ott	0,61	0,60
nov	0,46	0,55
dic	0,64	0,87
anno	0,66	0,69

Dalla tabella emerge che il fattore N/F è costantemente superiore al target. Da un lato è necessario precisare che il target è legato ad un uso prevalentemente diurno, mentre la palestra viene utilizzata anche in fascia F2 e F3, dall'altro la maggior parte dei consumi di energia elettrica si suppone siano connessi all'edificio scolastico e quindi è comunque un target rappresentativo della realtà oggetto d'esame. Per poter affinare maggiormente le analisi sarebbe necessario avere i consumi dell'edificio scolastico distinti da quelli della palestra.

L'installazione di un sistema di spegnimento delle apparecchiature non necessarie successivamente all'orario di occupazione potrebbe portare ad un avvicinamento del fattore N/F al target.

Il grafico seguente illustra il confronto tra la distribuzione dei consumi per fasce orarie nell'anno 2015 e 2016 (con riferimento ai soli mesi scolastici) e la distribuzione di un edificio scolastico target.

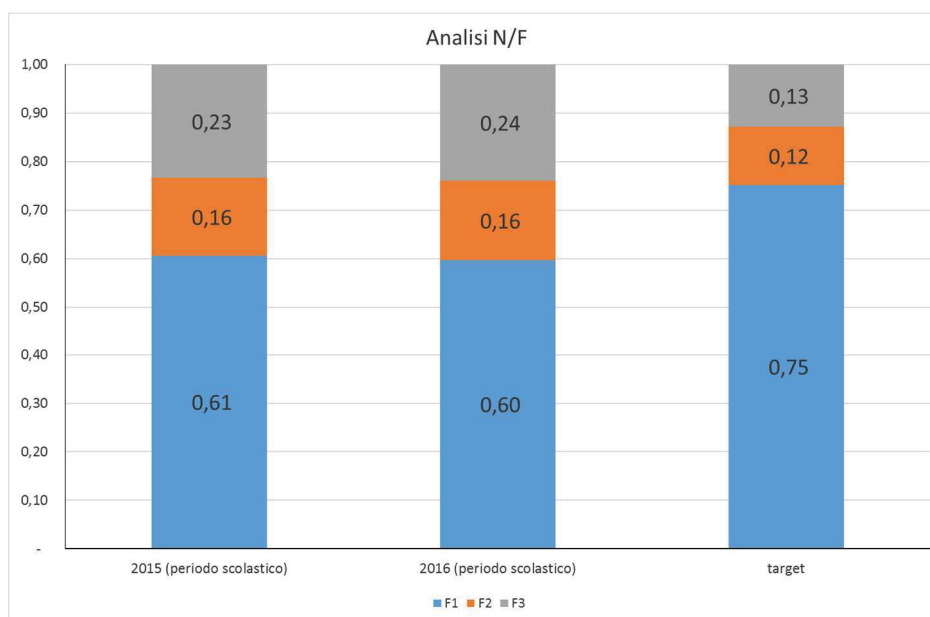


Figura 22 - Suddivisione % dei consumi di energia elettrica 2015 e 2016 in base alla fascia oraria e confronto con il target

Nel caso ideale in cui fosse possibile realmente raggiungere il target della distribuzione dei consumi per fascia climatica, riducendo quindi i consumi in fascia F2 e F3 in modo che il rapporto rispetto ai consumi in F1, invariati, diventi pari a 0,33, potrebbero essere ottenuti i seguenti risparmi economici (con un costo dell'energia elettrica pari a 0,23 €/kWh): circa 1.700 € sia nel 2015 che nel 2016. Naturalmente è necessario approfondire la causa dello scostamento dal target del rapporto N/F prima di poter tener conto di tali risparmi.

9.3.3. Energia elettrica: fattore di potenza

Sono stati analizzati i valori mensili del fattore di potenza presenti nelle bollette.

2015					2016				
mese	cosφ F1	cosφ F2	cosφ F3	cosφ tot	mese	cosφ F1	cosφ F2	cosφ F3	cosφ tot
gen	0,99	1,00	1,00	1,00	gen	ND	ND	ND	ND
feb	0,99	1,00	1,00	1,00	feb	0,99	1,00	1,00	0,99
mar	0,99	1,00	1,00	0,99	mar	0,99	1,00	1,00	0,99
apr	1,00	1,00	1,00	1,00	apr	1,00	1,00	1,00	1,00
mag	1,00	1,00	1,00	1,00	mag	1,00	1,00	1,00	1,00
giu	1,00	1,00	1,00	1,00	giu	1,00	1,00	1,00	1,00
lug	1,00	1,00	1,00	1,00	lug	1,00	1,00	1,00	1,00
ago	1,00	1,00	1,00	1,00	ago	1,00	1,00	1,00	1,00
set	1,00	1,00	1,00	1,00	set	1,00	1,00	1,00	1,00
ott	1,00	1,00	1,00	1,00	ott	0,99	1,00	1,00	0,99
nov	0,99	1,00	1,00	0,99	nov	0,99	1,00	1,00	0,99
dic	0,99	1,00	1,00	0,99	dic	0,98	1,00	1,00	0,99

Nei due anni di analisi, in cui sono disponibili i dati di fattore di potenza rilevato da bolletta, non sono presenti valori soggetti a penali. Non sussiste quindi alcuna esigenza di rifasamento o sostituzione di apparecchiature che portano a sfasamenti significativi.

9.3.4. Energia termica: energy signature

Si riporta di seguito l'analisi delle Energy Signature relative alle stagioni 2010/11, 2014/15 (con dati relativi alla sola fine stagione) e 2015/16 (con dati relativi al solo inizio stagione), congiuntamente alla CUC, Consumo per Unità Climatica che permette un approfondimento delle informazioni ottenute dall'analisi dell'Energy Signature. Tutte le analisi sono state svolte con l'ausilio del software "Check-up Termico Edifici" di Sirius Energy Automation s.r.l.

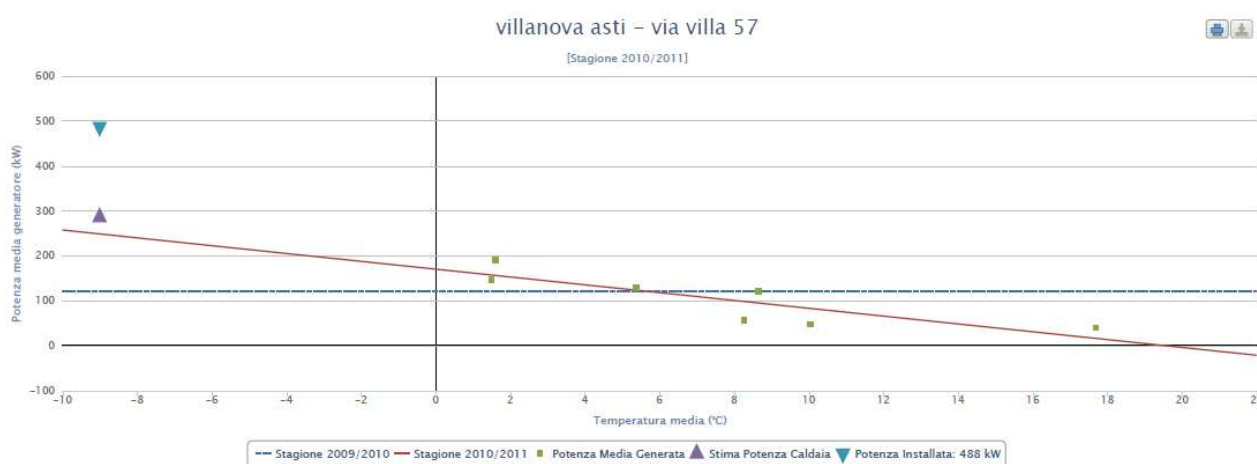


Figura 23 - Energy Signature dell'edificio scolastico riferita alla stagione di riscaldamento 2010/11

L'Energy Signature relativa al 2010/11 evidenzia la presenza di temperature dell'aria all'interno degli ambienti mediamente superiore ai valori di legge.



Figura 24 – Consumo per Unità Climatica dell'edificio scolastico riferita alla stagione di riscaldamento 2010/11

L'analisi della CUC relativa alla stagione di riscaldamento 2010/11 evidenzia delle criticità nella gestione della caldaia in funzione delle variazioni climatiche esterne durante tutta la stagione.

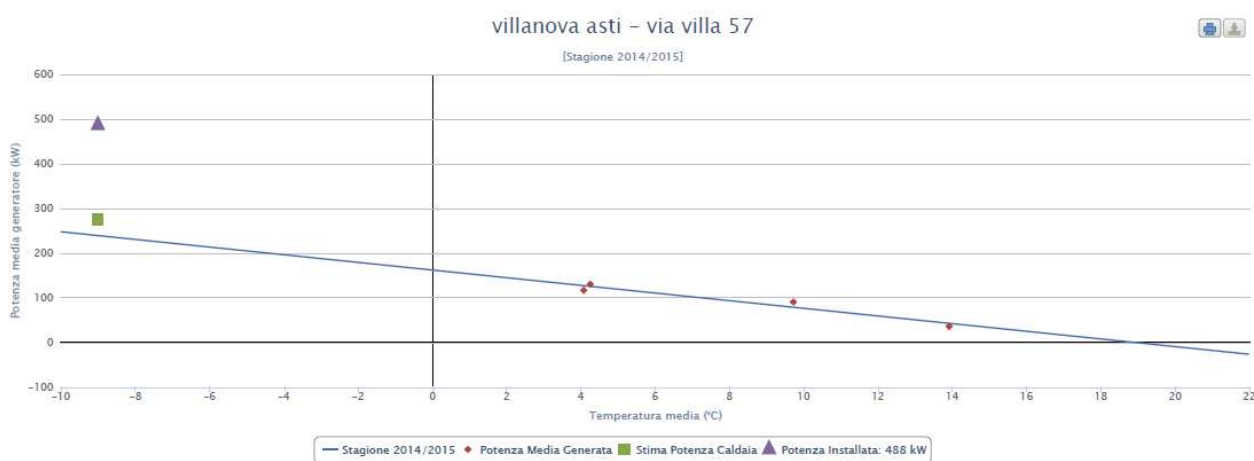


Figura 25 - Energy Signature dell'edificio scolastico riferita alla stagione di riscaldamento 2014/15

L'Energy Signature relativa al 2014/15 conferma anche per tale stagione la presenza di temperature dell'aria all'interno degli ambienti mediamente superiore ai valori di legge.



Figura 26 - Consumo per Unità Climatica dell'edificio scolastico riferita alla stagione di riscaldamento 2014/15

L'analisi della CUC relativa alla stagione di riscaldamento 2014/15 evidenzia delle criticità nella gestione della caldaia in funzione delle variazioni climatiche esterne a fine stagione. La CUC evidenzia inoltre che l'edificio presenta un involucro con prestazioni energetiche insufficienti.

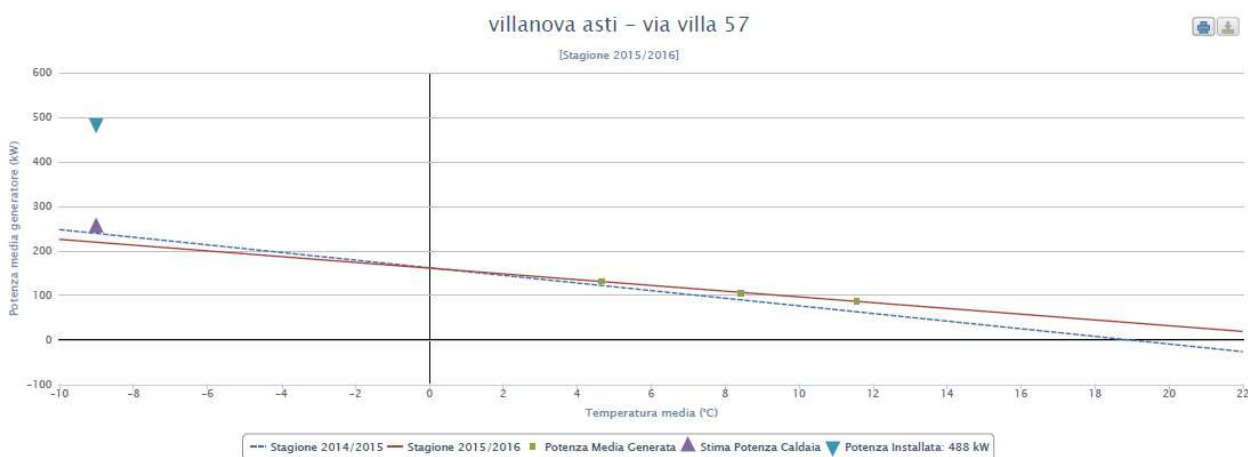


Figura 27 - Energy Signature dell'edificio scolastico riferita alla stagione di riscaldamento 2015/16

L'Energy Signature relativa al 2015/16 evidenzia un ulteriore aumento delle temperature dell'aria all'interno degli ambienti, mediamente superiore ai valori di legge.



Figura 28 - Consumo per Unità Climatica dell'edificio scolastico riferita alla stagione di riscaldamento 2015/16

L'analisi della CUC relativa alla stagione di riscaldamento 2015/16 conferma che l'edificio presenta un involucro con prestazioni energetiche insufficienti.

In ogni stagione emerge inoltre un sovradimensionamento della caldaia vicino al 150%.

L'analisi della gestione della caldaia a servizio della palestra tramite Energy Signature e CUC è poco significativa in quanto un'elevata quota del consumo di energia termica, e conseguentemente un'elevata parte della potenza installata, sono connesse alla produzione di acqua calda sanitaria che non presenta alcuna dipendenza rispetto alle variazioni climatiche esterne.

9.4. Interventi effettuati in passato

Di seguito si riportano gli interventi effettuati durante gli anni di analisi (tra il 2009 e il 2016) che possono aver influenzato la prestazione energetica del complesso scolastico:

- Produzione di energia da fonte rinnovabile: nel 2012 sono stati installati gli impianti fotovoltaici sulle falde della palestra e sulla falda sud della scuola. La maggior parte della produzione di energia non è connessa al complesso scolastico (oggetto di contratto con la Ditta che ha eseguito i lavori di rimozione amianto dalla copertura della palestra, che usufruisce delle tariffe incentivanti del Conto Energia), l'impianto di 3 kWp collegato al contatore della palestra è entrato in funzione il 6 giugno 2013 e si è tenuto conto della quota di energia autoconsumata a partire da tale data;
- Coibentazione copertura palestra: in occasione della rimozione dell'amianto dalla palestra e dell'installazione dei suddetti impianti fotovoltaici, è stata interamente rifatta la copertura della palestra, con pannelli sandwich coibentati come supporto ai soprastanti pannelli fotovoltaici;

- Ristrutturazione soppalco palestra: nello stesso periodo dei due interventi precedenti, sono stati ristrutturati i locali del soppalco della palestra, per l'utilizzo da parte della Filarmonica. Tale intervento ha previsto sostanziali modifiche all'impianto di climatizzazione inserendo le due pompe di calore e i radiatori elettrici. Inoltre ha previsto il rifacimento dell'impianto di illuminazione degli stessi locali.

Non risulta evidenza di interventi significativi sulle restanti parti del sistema edificio – impianto.

10. Individuazione dei possibili interventi

L'AE ha sviluppato valutazioni al riguardo secondo la propria esperienza e confrontando la realtà analizzata e parametrata con parametri di riferimento assunti, considerando:

- l'età dei sistemi tecnici e dell'edificio, la condizione, come sono gestiti e mantenuti;
- la tecnologia dei sistemi e apparecchiature esistenti rispetto alla migliore tecnologia disponibile sul mercato;
- le migliori pratiche.

Inoltre nell'individuare le misure di miglioramento l'AE ha:

- considerato l'interazione tra i sistemi tecnici per l'edilizia, con l'involucro edilizio, l'ambiente esterno e le attività svolte all'interno dell'edificio;
- tenuto conto dei possibili impatti per tutta l'energia erogata per diversi periodi di tempo e stagioni diverse, che potrebbero portare a situazioni non ottimali per quanto riguarda il risparmio energetico;
- valutato l'impatto potenziale che gli interventi di risparmio energetico avranno sull'indicatore di prestazione energetica riportato sull'APE.

Di seguito si riportano i possibili interventi individuati per migliorare la prestazione energetica.

10.1. Formazione e sensibilizzazione degli utenti finali (formazione e motivazione, cambiamento del comportamento)

Si consigliano azioni di sensibilizzazione del personale: sull'utilizzo ottimale delle valvole termostatiche, sullo spegnimento di apparecchiature e luci quando non necessarie e sulla conduzione degli impianti relativamente al personale addetto alle manutenzioni.

10.2. Interventi a basso costo (con tempi di ritorno < 10 anni)

10.2.1. Sostituzione della caldaia della scuola con caldaia a condensazione

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale caldaia utilizzata per il riscaldamento della scuola, con nuova caldaia a condensazione. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 10.500 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 4.400 €/anno connessi alla riduzione dei consumi di energia termica (con un costo medio del metano pari a 0,81 €/m³). L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN pari a 52.644 € (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore pari a 50.378 € (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 2,4 anni. I calcoli sono stati effettuati considerando l'ottenimento del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 55% dell'investimento iniziale di 23.400 €, in 5 anni. Il DM 16/02/2016 richiede che l'intervento di sostituzione della caldaia venga finanziato se effettuato in concomitanza all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione, ove non siano ancora presenti. Inoltre prevede la riduzione della percentuale al 50% dell'investimento iniziale nel caso in cui tale intervento non sia accoppiato ad uno che preveda l'isolamento di elementi opachi d'involucro (esempio: insufflaggio di materiale isolante all'interno dell'intercapedine delle pareti perimetrali).

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia termica annuale per riscaldamento e acqua calda sanitaria per unità di volume a 26,66 kWh/m³. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 10,51 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

Nell'analizzare in modo più approfondito il presente intervento si raccomanda di tener conto dell'attuale elevato sovradimensionamento della caldaia, così come evidenziato dall'Energy Signature, e tenere conto di un'eventuale riduzione del fabbisogno energetico dovuto a contestuali interventi di miglioramento della prestazione energetica del sistema edificio – impianto.

10.2.2. Sostituzione della caldaia della palestra con caldaia a condensazione

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale caldaia utilizzata per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria della palestra, con nuova caldaia a condensazione. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 6.400 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 2.000 €/anno connessi alla riduzione dei consumi di energia termica (con un costo medio del metano pari a

0,83 €/m³). L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN pari a 22.620 € (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore pari a 22.652 € (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 3,1 anni. I calcoli sono stati effettuati considerando l'ottenimento del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 55% dell'investimento iniziale di 14.300 €, in 5 anni. Il DM 16/02/2016 richiede che l'intervento di sostituzione della caldaia venga finanziato se effettuato in concomitanza all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione, ove non siano ancora presenti. Inoltre prevede la riduzione della percentuale al 50% dell'investimento iniziale nel caso in cui tale intervento non sia accoppiato ad uno che preveda l'isolamento di elementi opachi d'involucro (esempio: insufflaggio di materiale isolante all'interno dell'intercapedine delle pareti perimetrali).

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia termica annuale per riscaldamento e acqua calda sanitaria per unità di volume a 19,51 kWh/m³. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 4,93 t CO₂. L'intervento modifica la classe energetica dell'edificio portandola da classe D a classe C.

Nell'analizzare in modo più approfondito il presente intervento si raccomanda di tener conto di un'eventuale riduzione del fabbisogno energetico dovuto a contestuali interventi di miglioramento della prestazione energetica del sistema edificio – impianto.

10.2.3. Installazione di sistema di spegnimento automatico dell'illuminazione a fine orario di utilizzo (scuola)

L'intervento consiste nell'installazione di un sistema (orologio temporizzato) che consenta lo spegnimento automatico dell'illuminazione, ed eventualmente di altre apparecchiature non necessarie durante gli orari notturni, a fine orario di utilizzo, in modo da prevenire eventuali sprechi di energia elettrica. Tale intervento necessita di un approfondimento per la valutazione della fattibilità tecnica sulla base della distribuzione delle linee elettriche all'interno dei quadri. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 500 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 250 €/anno connessi alla riduzione dei consumi di energia elettrica (con un costo medio dell'energia elettrica pari a 0,26 €/kWh). L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN pari a 3.664 € (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore pari a 3.013 € (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 2,0 anni.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia elettrica annuale per l'illuminazione per unità di superficie a 8,95 kWh/m². L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 0,37 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

10.2.4. Installazione di sistema di spegnimento automatico dell'illuminazione a fine orario di utilizzo (palestra)

L'intervento consiste nell'installazione di un sistema (orologio temporizzato) che consenta lo spegnimento automatico dell'illuminazione, ed eventualmente di altre apparecchiature non necessarie durante gli orari notturni, a fine orario di utilizzo, in modo da prevenire eventuali sprechi di energia elettrica. Tale intervento necessita di un approfondimento per la valutazione della fattibilità tecnica sulla base della distribuzione delle linee elettriche all'interno dei quadri. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 500 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 60 €/anno connessi alla riduzione dei consumi di energia elettrica (con un costo medio dell'energia elettrica pari a 0,26 €/kWh). L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN pari a 356 € (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore pari a 196 € (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 8,2 anni.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia elettrica annuale per l'illuminazione per unità di superficie a 9,25 kWh/m². L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 0,09 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

10.3. Interventi ad alto costo (con tempi di ritorno >10 anni)

10.3.1. Sostituzione degli scaldacqua elettrici della scuola con scaldacqua a pompa di calore

L'intervento consiste nella sostituzione dei 3 boiler elettrici utilizzati per la produzione di acqua calda sanitaria nei bagni della scuola elementare, con scaldacqua a pompa di calore. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 1.800 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 12 €/anno connessi alla riduzione dei consumi di energia elettrica (con un costo medio dell'energia elettrica pari a 0,26 €/kWh). L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Anche nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore negativo (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 152 anni. I calcoli sono

stati effettuati considerando l'ottenimento del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 40% dell'investimento iniziale di 3.000 €, in un'unica rata. Il DM 16/02/2016 richiede che le pompe di calore presentino un COP $\geq 2,6$ e prevedono un contributo massimo pari a 400 €/apparecchiatura.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia elettrica annuale per unità di volume a 3,42 kWh/m³. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 0,02 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

10.3.2. RELAMPING degli ambienti della palestra

L'intervento consiste nella sostituzione di lampade, in maggioranza fluorescenti tubolari, presenti negli ambienti della palestra e utilizzati dalla Filarmonica. Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 12.000 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 600 €/anno tra riduzione dei consumi di energia elettrica (con un costo medio dell'energia elettrica pari a 0,26 €/kWh) e delle spese di manutenzione. L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Anche nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore negativo (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 19,4 anni. Non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesta una riduzione della potenza attualmente installata almeno pari al 50%, non realizzabile con l'attuale impianto elettrico.

L'efficacia dell'intervento può essere monitorata aggiungendo al sistema di monitoraggio esistente, il monitoraggio del quadro dedicato alla sola illuminazione. Tale intervento è di facile e scarsamente onerosa implementazione nel caso in cui il quadro sia già predisposto, inoltre il sistema presenterebbe già un canale dedicato all'accensione / spegnimento delle grandezze che dovrebbero essere monitorate per verificare l'efficacia dell'intervento nel tempo. Si consiglia di installare il sistema di monitoraggio almeno un mese prima dell'implementazione dell'intervento in modo da avere un periodo di dati reali come baseline per il confronto della prestazione energetica per illuminazione.

Nel caso in cui l'intervento di relamping si applichi su un numero significativo di apparecchi, quindi coinvolga anche altri edifici (ad esempio con il supporto di una ESCO), è possibile accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia elettrica annuale per l'illuminazione per unità di superficie a 8,36 kWh/m². L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 0,92 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

Per i locali con livelli di illuminazione naturale significativi si può valutare l'installazione di apparecchi illuminanti a led dimmerabili, connessi a sensori di illuminamento. Il risparmio economico ottenibile con tale intervento è compensato dai maggiori costi di manutenzione e d'installazione dovuti alla presenza dei sensori di illuminamento.

10.3.3. RELAMPING degli ambienti della scuola

L'intervento consiste nella sostituzione di lampade, in maggioranza fluorescenti tubolari, presenti negli ambienti della scuola (escluso quelli al piano interrato). Si stima che l'intervento abbia un costo di circa 38.000 € (IVA inclusa) e che porti a dei risparmi pari a circa 2.600 €/anno tra riduzione dei consumi di energia elettrica (con un costo medio dell'energia elettrica pari a 0,26 €/kWh) e delle spese di manutenzione. L'intervento, con vita utile stimata pari a 15 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Anche nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore negativo (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 14,5 anni. Non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesta una riduzione della potenza attualmente installata almeno pari al 50%, non realizzabile con l'attuale impianto elettrico.

L'efficacia dell'intervento può essere monitorata aggiungendo al sistema di monitoraggio esistente, il monitoraggio del quadro dedicato alla sola illuminazione. Tale intervento è di facile e scarsamente onerosa implementazione nel caso in cui il quadro sia già predisposto, inoltre il sistema presenterebbe già un canale dedicato all'accensione / spegnimento delle grandezze che dovrebbero essere monitorate per verificare l'efficacia dell'intervento nel tempo. Si consiglia di installare il sistema di monitoraggio almeno un mese prima dell'implementazione dell'intervento in modo da avere un periodo di dati reali come baseline per il confronto della prestazione energetica per illuminazione.

Nel caso in cui l'intervento di relamping si applichi su un numero significativo di apparecchi, quindi coinvolga anche altri edifici (ad esempio con il supporto di una ESCO), è possibile accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia elettrica annuale per l'illuminazione per unità di superficie a 5,24 kWh/m². L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 3,85 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

Per i locali con livelli di illuminazione naturale significativi si può valutare l'installazione di apparecchi illuminanti a led dimmerabili, connessi a sensori di illuminamento. Il risparmio economico ottenibile

con tale intervento è compensato dai maggiori costi di manutenzione e d'installazione dovuti alla presenza dei sensori di illuminamento.

10.3.4. Coibentazione delle pareti perimetrali della palestra

Visto il basso livello di prestazione energetica delle attuali pareti perimetrali della palestra, nell'ambito della presente DE è stata valutata la convenienza economica di una loro coibentazione. In particolare è stata valutata l'ipotesi di insufflaggio di materiale isolante all'interno dell'intercapedine d'aria esistente dello spessore di circa 10,5 cm. Tale intervento permette di raggiungere un valore di trasmittanza termica complessiva dell'elemento disperdente pari a $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'intervento presenta un costo di circa 16.300 € (IVA inclusa), e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, circa pari a 450 € (con un costo medio del metano pari a 0,83 €/m³). L'intervento, con vita utile stimata pari a 30 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Anche nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore negativo (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 35,2 anni. Non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesto il raggiungimento di una trasmittanza termica massima del componente soggetto ad intervento $\leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, non raggiungibile con l'intervento ipotizzato. Tale intervento è comunque consigliabile perché consente di alzare a 55% (invece di 50%) la percentuale del contributo sull'investimento iniziale di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica, concomitanti, per cui è ottenibile il contributo previsto dal Conto Termico 2.0 (sostituzione serramenti e sostituzione caldaia).

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia termica annuale per riscaldamento e acqua calda sanitaria per unità di volume a 25,35 kWh/m³. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 1,08 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

10.3.5. Coibentazione delle pareti perimetrali della scuola

Visto il basso livello di prestazione energetica delle attuali pareti perimetrali della scuola, nell'ambito della presente DE è stata valutata la convenienza economica di una loro coibentazione. In particolare è stata valutata l'ipotesi di insufflaggio di materiale isolante all'interno dell'intercapedine d'aria esistente dello spessore di circa 14 cm. Tale intervento permette di raggiungere un valore di

trasmissione termica complessiva dell'elemento disperdente pari a $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'intervento presenta un costo di circa 39.000 € (IVA inclusa), e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, circa pari a 1.500 € (con un costo medio del metano pari a $0,81 \text{ €/m}^3$). L'intervento, con vita utile stimata pari a 30 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Anche nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore negativo, molto prossimo allo zero (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 25,8 anni. Non risulta possibile usufruire delle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0 in quanto viene richiesto il raggiungimento di una trasmissione termica massima del componente soggetto ad intervento $\leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, non raggiungibile con l'intervento ipotizzato. Tale intervento è comunque consigliabile perché consente di alzare a 55% (invece di 50%) la percentuale del contributo sull'investimento iniziale di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica, concomitanti, per cui è ottenibile il contributo previsto dal Conto Termico 2.0 (sostituzione serramenti e sostituzione caldaia).

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia termica annuale per riscaldamento e acqua calda sanitaria per unità di volume a $30,51 \text{ kWh/m}^3$. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di $3,66 \text{ t CO}_2$. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

Anche dall'analisi della CUC emerge una scarsa qualità dell'involucro disperdente.

10.3.6. Sostituzione dei serramenti della palestra

Visto il basso livello di prestazione energetica dei serramenti, incluso il serramento in policarbonato, nell'ambito della presente DE è stata valutata la convenienza economica di una loro sostituzione con tecnologie a maggiore efficienza, disponibili sul mercato. In particolare è stata valutata la sostituzione degli elementi esistenti con serramenti con trasmissione termica complessiva inferiore a $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valore minimo necessario per accedere alle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0). La sostituzione dei serramenti presenta un costo di circa 36.500 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, circa pari a 3.100 € (con un costo medio del metano pari a $0,83 \text{ €/m}^3$). L'intervento, con vita utile stimata pari a 30 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore pari a 33.631 € (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 11,8 anni. I calcoli sono stati effettuati considerando l'ottenimento del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 55% dell'investimento iniziale di 81.000 €, in 5 anni.

Il DM 16/02/2016 richiede che l'intervento di sostituzione dei serramenti venga finanziato se effettuato in concomitanza all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione, ove non siano ancora presenti. Inoltre prevede la riduzione della percentuale al 50% dell'investimento iniziale nel caso in cui tale intervento non sia accoppiato ad uno che preveda l'isolamento di elementi opachi d'involucro (esempio: insufflaggio di materiale isolante all'interno dell'intercapedine delle pareti perimetrali) e la sostituzione della caldaia con caldaia a condensazione.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia termica annuale per riscaldamento e acqua calda sanitaria per unità di volume a 17,04 kWh/m³. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 6,99 t CO₂. L'intervento modifica la classe energetica dell'edificio portandola da classe D a classe C.

10.3.7. Sostituzione dei serramenti della scuola

Visto il basso livello di prestazione energetica dei serramenti, nell'ambito della presente DE è stata valutata la convenienza economica di una loro sostituzione con tecnologie a maggiore efficienza, disponibili sul mercato. In particolare è stata valutata la sostituzione degli elementi esistenti con serramenti con trasmittanza termica complessiva inferiore a 1,3 W/m²K (valore minimo necessario per accedere alle agevolazioni previste dal Conto Termico 2.0). La sostituzione dei serramenti presenta un costo di circa 95.000 € (IVA inclusa) e porterebbe ad un risparmio medio annuo, in termini di riduzione di consumo di energia per il riscaldamento, circa pari a 4.400 € (con un costo medio del metano pari a 0,81 €/m³). L'intervento, con vita utile stimata pari a 30 anni, presenta un VAN negativo (calcolato con tasso pari all'1,5% e ipotesi di impiego di capitali propri). Nel caso in cui si preferisca richiedere un finanziamento, il VAN presenterebbe un valore pari a 15.293 € (ipotizzando un finanziamento della durata di 10 anni, con tasso pari al 3%). Il tempo di ritorno semplice è pari a 21,6 anni. I calcoli sono stati effettuati considerando l'ottenimento del contributo previsto dal Conto Termico 2.0 pari al 55% dell'investimento iniziale di 195.000 € (fino ad un massimo di 100.000 €), in 5 anni. Il DM 16/02/2016 richiede che l'intervento di sostituzione dei serramenti venga finanziato se effettuato in concomitanza all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione, ove non siano ancora presenti. Inoltre prevede la riduzione della percentuale al 50% dell'investimento iniziale nel caso in cui tale intervento non sia accoppiato ad uno che preveda l'isolamento di elementi opachi d'involucro (esempio: insufflaggio di materiale isolante all'interno dell'intercapedine delle pareti perimetrali) e la sostituzione della caldaia con caldaia a condensazione.

L'implementazione dell'intervento porterebbe l'indicatore di consumo di energia termica annuale per riscaldamento e acqua calda sanitaria per unità di volume a 26,38 kWh/m³. L'intervento inoltre permetterebbe di evitare annualmente l'emissione di 10,89 t CO₂. L'intervento non modifica la classe energetica dell'edificio.

10.3.8. Collegamento a reti di teleriscaldamento

Villanova d'Asti attualmente non è servita da rete di teleriscaldamento. E' presente una centrale per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento a servizio del Comune di Chieri che dista 12 km dalla scuola ma attualmente non serve il Comune di Villanova d'Asti.

10.4. Altre opportunità di minore impatto

Si consiglia di valutare l'inserimento di pannelli di isolante riflettente nei numerosi sottofinestra che ospitano i radiatori. L'intervento ha un costo estremamente limitato e può migliorare l'efficienza del singolo corpo scaldante.

Si consiglia di valutare l'eventuale inserimento, ove non siano già presenti, di schermature solari, soprattutto per le esposizioni sud ed est. Tale intervento, per cui è possibile richiedere il contributo tramite il Conto Termico 2.0, non influisce sui consumi energetici non essendo presente il servizio di climatizzazione estiva (se non nei locali che ospitano la Filarmonica). Può però portare ad un miglioramento del comfort degli occupanti.

Nel presente documento non è stato analizzato alcun intervento sui primi solai perché considerati troppo onerosi, in grado di apportare ridotti risparmi energetici e di difficile realizzazione perché necessiterebbero il rifacimento di tutti i primi solai.

Riferimenti bibliografici

- Ariaudo F., C. S. (2010). Heating consumption assessment and forecast of existing buildings: investigation on Italian school. *Role of Building Physics in Resolving Carbon Reduction Challenge and Promoting Human Health in Buildings*. Kyoto.
- Corgnati S. P., F. E. (2010). *RSE/2010/190 - Edifici tipo, indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, ad uso scolastico (medie superiori e istituti tecnici) applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani*. Torino: ENEA.

- Elia S., S. E. (2012). *RdS/2012/111 - Analisi di consumo, elettrico e termico, del centro Sportivo Giulio Onesti del CONI di Roma*. Roma: ENEA.
- Gerbo R., A. F. (2013). Macchine da ufficio in filiali bancarie, quanto incidono sui consumi elettrici? *Aicarr Journal*(20), 2-7.
- Gerbo R., A. F. (2015). Progetto pilora di contabilità energetica e pre-diagnosi energetica ("pDE") del patrimonio edilizio e di illuminazione urbana di un'amministrazione pubblica (PA). *La Termotecnica*(2), 67-70. Tratto da <http://www.latermotecnica.net/articolo.asp?id=20150315004>
- topten*. (2016, dicembre). Tratto da <http://www.topten.ch/it>

ALLEGATO 1 – Caratteristiche tecniche del misuratore dell'assorbimento elettrico istantaneo utilizzato per le apparecchiature ICT

Di seguito si riportano i dati tecnici del dispositivo di misura utilizzato:

MARCA	Voltcraft
MODELLO	Energy Logger 4000
RANGE DI MISURA - CORRENTE	0,01 / 15 A
RANGE DI MISURA - POTENZA	1,5 / 3500 W
ACCURATEZZA	± 1 % (5 / 3500 W), ± 15 % (2 / 5 W), ± 15 % (< 2 W)