

**M.A. SEGRETO, M. ARTIOLI, S. BEOZZO
A. DI MICCO, A. GUGLIANDOLO, R. GUIDA
L. LETO, S. TAMBURRINO**

Unità Tecnica Efficienza Energetica
Analisi e Valutazione di sistemi per l'Efficienza Energetica
Centro Ricerche Bologna

DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE DI BRISIGHELLA (RA)

RT/2016/37/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

M.A. SEGRETO, M. ARTIOLI, S. BEOZZO
A. DI MICCO, A. GUGLIANDOLO, R. GUIDA
L. LETO, S. TAMBURRINO

Unità Tecnica Efficienza Energetica
Analisi e Valutazione di sistemi per l'Efficienza Energetica
Centro Ricerche Bologna

DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE DI BRISIGHELLA (RA)

RT/2016/37/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE DI BRISIGHELLA (RA)

M.A. Segreto, M. Artioli, S. Beozzo, A. Di Micco, A. Gugliandolo, R. Guida, L. Leto, S. Tamburrino

Riassunto

Oggetto del presente Report è la diagnosi energetica della Scuola Media del Comune di Brisighella. Il contesto in cui si svolge tale attività è strettamente legato alla sostenibilità del territorio emiliano-romagnolo. La diagnosi energetica oggetto del presente report fa parte di un progetto molto più ampio coordinato da ERVET (società in house della Regione Emilia-Romagna che opera come agenzia di sviluppo territoriale a supporto delle politiche regionali). Il progetto, denominato Alterenergy, è stato cofinanziato dal programma IPA Adriatico, mira a definire una strategia comune territoriale in campo energetico, che possa affrontare la sfida dei cambiamenti climatici ricercando un equilibrio tra gli obiettivi della protezione ambientale, della competitività e della sicurezza dell'approvvigionamento nell'area Adriatica. Grazie al progetto è stata possibile l'applicazione e sperimentazione di modelli sostenibili di gestione e di utilizzo delle risorse energetiche in alcuni Comuni e che si sono resi disponibili come casi pilota. Il Comune di Brisighella ha messo a disposizione la propria struttura scolastica ai fini di una diagnosi energetica che ne definisse le eventuali carenze energetiche ed individuasse i possibili interventi di miglioramento energetico. Il presente report tratta la prima parte del lavoro svolto: la diagnosi energetica dello stato di fatto.

Parole chiave: Diagnosi energetica, efficienza energetica, riqualificazione

Abstract

Object of the present Report is a school energy audit in Brisighella. The context in which it is developed the activity is tightly tied to the sustainability of the Emiliano-Romagnolo territory. The energy audit of the present report is part of a much larger project coordinated by ERVET (in house society of the Emilia-Romagna Region that operates as agency of territorial development to support the regional politics). The project, known as Alterenergy, has been cofinanced by IPA Adriatic program, and it aims to define a common territorial strategy in energetic field, that can tackle the challenge of the climatic changes seeking equilibrium among the objectives of the environmental protection, competitiveness and safety of the provisioning in the Adriatic area. Thanks to the project it has been possible the application and experimentation of sustainable models of management and the use of the energy resources in some Municipality used as study cases. The Municipality of Brisighella has made available its school complex for an energy audit to define energy lacks and to identify possible energy improvements. The present report treats the first part of the developed job: the energy audit of the school.

Keywords: Energy audit, energy efficiency, restoration

INDICE

1. Introduzione	7
2. Oggetto dell'audit	8
3. Dati climatici	9
4. Rilievo	10
4.1. Consumi Termici ed Elettrici degli ultimi cinque anni	10
4.2. Struttura	10
4.3. Involucro	12
4.4. L'impianto di riscaldamento	15
4.5. L'impianto di illuminazione	17
5. Dati di pre-audit	18
6. Misurazioni e monitoraggio	19
6.1. Umidità relativa	19
6.2. Temperatura interna	19
6.3. Temperatura superficiale degli elementi di emissione	20
6.4. Illuminamento	20
6.5. Infiltrazioni/Esfiltrazioni d'aria e presenza di ponti termici	20
6.6. Fonti rinnovabili	21
6.7. Utenza	22
6.8. Valori rilevati	22
7. Conclusioni	24
Indice delle figure	25
Ringraziamenti	26

1. INTRODUZIONE

Oggetto del presente Report è l'audit energetico della Scuola Media del Comune di Brisighella.

Il Referente della Diagnosi Energetica (REDE) è l'Ing. Maria-Anna Segreto, Responsabile Scientifico del Laboratorio LAERTE. Il gruppo di lavoro è, inoltre, costituito da: Ing. Marcello Artioli, Simone Beozzo, Ing. Antonio Di Micco, Ing. Alessandra Gugliandolo, Roberto Guida, Ing. Salvatore Tamburrino.

Il laboratorio di ricerca industriale LAERTE, fa parte del Progetto Tecnopolo finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, cui ENEA ha aderito sottoscrivendo una Convenzione che definisce i contenuti operativi dei laboratori di ricerca industriale, ne disciplina i tempi e i modi di realizzazione nonché i tempi e i modi di erogazione dei finanziamenti regionali.

Il Laboratorio LAERTE si occupa di efficienza energetica in edifici e sistemi complessi sia in termini d'involucro che in termini d'impianto; afferisce funzionalmente alla Unità Tecnica Efficienza Energetica (UTEE) ed è organizzato in tre unità operative :

EDI: Efficiamento energetico degli edifici mediante l'adozione di materiali innovativi ed energie rinnovabili

SAFE: Sicurezza e sostenibilità di infrastrutture, impianti ed edifici con approccio multirischio (sismico, incendio, impatto, etc.).

RSR: Utilizzo del calore e riconversione dei sistemi di riscaldamento (e raffrescamento) per opere civili, loro aggregati e impianti industriali ed uso razionale dell'energia.

Il presente audit fa riferimento all'unità operativa EDI.

In fase preliminare è stato eseguito un sopralluogo presso l'edificio oggetto di analisi ai fini della raccolta dati necessaria per una valutazione energetica dello stato di fatto della struttura e per l'esecuzione dei monitoraggi e l'acquisizione dei dati in situ per la realizzazione dell'audit completo.

Durante questa fase sono stati forniti dal Comune su supporto informatico i seguenti dati:

- Planimetrie della struttura;
- Consumi termici degli ultimi cinque anni;
- Consumi elettrici degli ultimi cinque anni.

2. OGGETTO DELL'AUDIT

L'edificio scolastico si sviluppa su due piani fuori terra ed è isolato da altre strutture su tre lati; il quarto lato è adiacente ad un centro ricreativo per anziani. La struttura rappresenta comunque un unico organismo edilizio realizzato in un'unica soluzione. Le zone adibite a centro anziani ed auditorium non rientrano nel calcolo dei fabbisogni ivi riportato poiché le su indicate unità vengono alimentate da caldaie separate sia per il riscaldamento che per la produzione di acs.

Ad una prima analisi visiva l'edificio, anche se sottoposto a regolare manutenzione, risulta avere importanti carenze sia di involucro che impiantistiche. Tali carenze ne inficiano enormemente le prestazioni energetiche.

Per quanto riguarda la parte impiantistica si rileva, inoltre, un sovradimensionamento del generatore accompagnato da una seria vetustà.

I rilievi effettuati hanno interessato l'intera struttura compresa anche la palestra.



Fig. 1 - Inquadramento territoriale

3. DATI CLIMATICI

Parametri climatici della località													
Gradi giorno	2396 °C												
Temperatura minima di progetto	-6,0 °C												
Altitudine	115 m												
Zona climatica	E												
Giorni di riscaldamento	183												
Velocità del vento	2,3 m/s												
Zona di vento	1												
Province di riferimento	Forlì-Cesena Ravenna												
Temperature medie mensili (°C)		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
		2,6	4,2	8,6	13,3	17,4	22,2	24,9	24,4	20,7	14,7	8,9	4,0
Irradiazioni medie mensili (MJ/m²)		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
	Orizz.	4,8	7,9	12,6	17,7	22,2	25,3	26,6	22,2	16,6	10,3	5,5	4,1
	S	8,2	10,7	12,1	11,5	10,7	10,4	11,3	12,6	14,1	13,0	8,7	7,1
	SE/SO	6,5	9,0	11,5	12,9	13,5	13,9	15,2	15,1	14,3	11,2	7,0	5,6
	E/O	3,8	6,1	9,2	12,2	14,7	16,4	17,5	15,2	12,1	7,9	4,3	3,3
	NE/NO	1,9	3,2	5,6	8,7	11,7	13,7	14,0	11,0	7,4	4,2	2,2	1,6
	N	1,7	2,6	3,8	5,6	8,1	10,1	9,6	6,7	4,3	3,0	1,9	1,5

In fase di rilievo si segnala una temperatura esterna di **9-10 °C** con una giornata nuvolosa dopo una notte di pioggia.

4. RILIEVO

4.1. CONSUMI TERMICI ED ELETTRICI DEGLI ULTIMI CINQUE ANNI

Si riportano di seguito i grafici relativi ai consumi energetici (termici ed elettrici) degli ultimi sei anni:

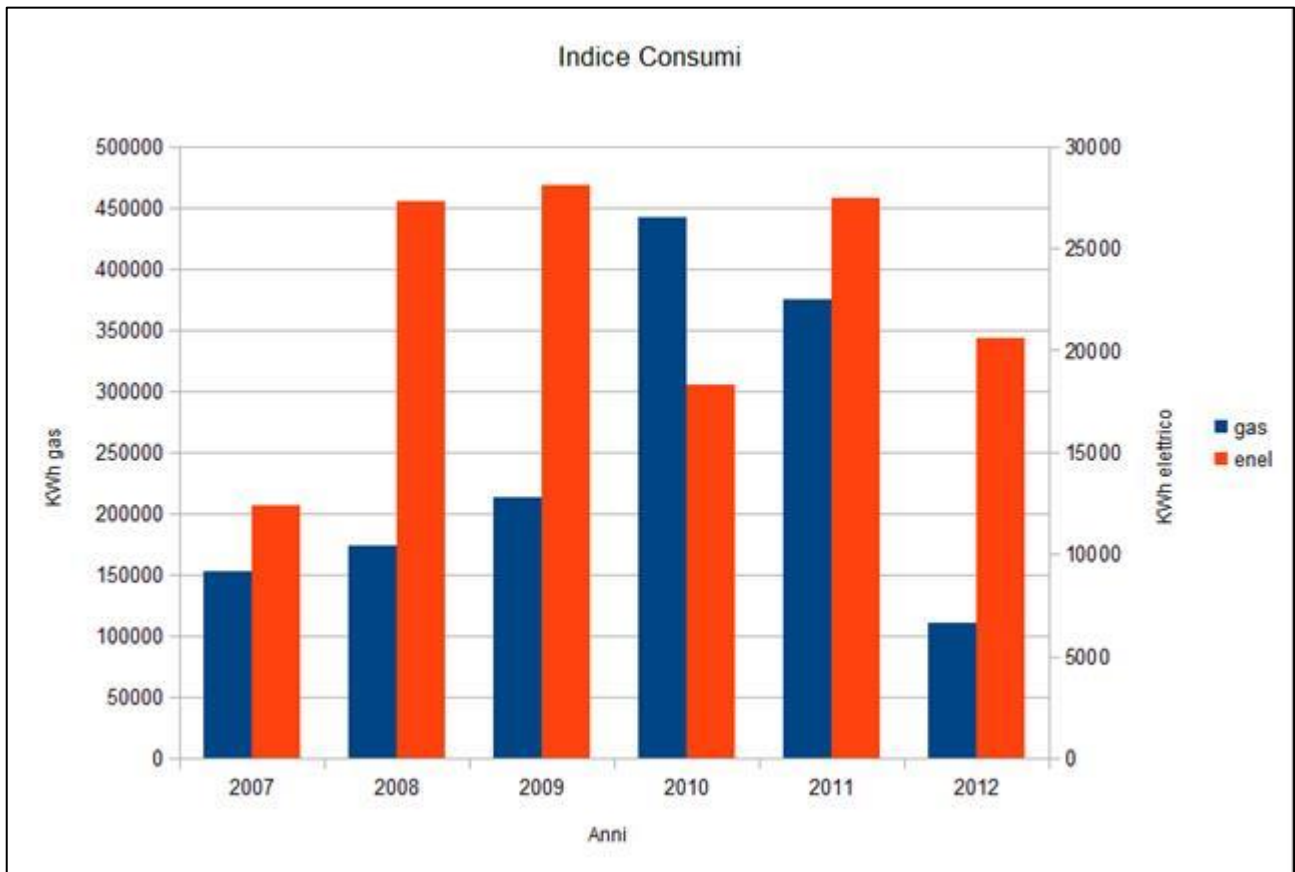
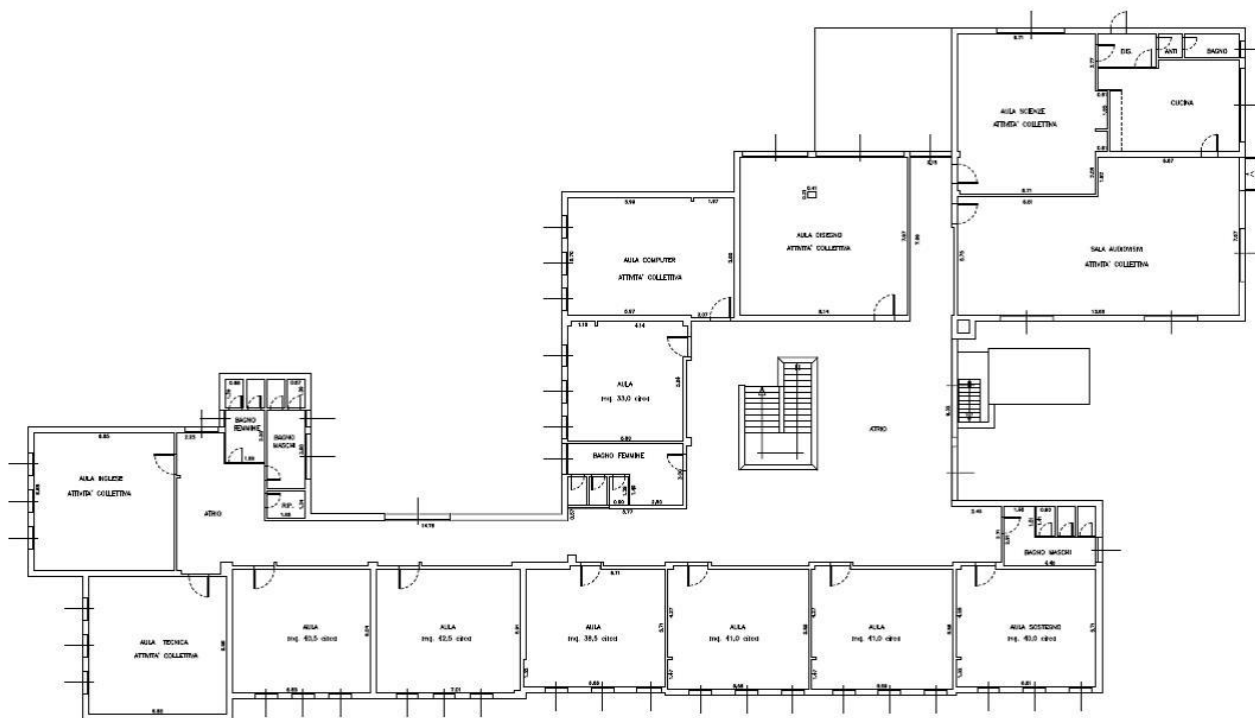


Fig. 2 - Consumi energetici

Si precisa che i dati forniti hanno numerose imprecisioni e si riscontrano consumi “ballerini” che non trovano alcun riscontro. Molto probabilmente l’archiviazione dei dati non è stata effettuata in maniera costante.

4.2. STRUTTURA

La struttura è di tipo misto realizzata con compresenza di elementi in c.a ed elementi in muratura portante. I tamponamenti sono realizzati in laterizio senza alcuna presenza di isolamento termico.



PIANTA PIANO PRIMO Sc. 1:100

Fig. 5 - Pianta piano primo

4.3. INVOLUCRO

L'involucro edilizio è realizzato in laterizio con struttura a cassavuota di 30 cm. I tramezzi interni in laterizio hanno mediamente uno spessore di 10 cm e sono intonacati con intonaco a base di calce e gesso.

Non esistendo legge 10/91 ne tantomeno progetti riportanti stratigrafie ci si è rivolti al tecnico comunale e manutentori per avere informazioni sulla tipologia costruttiva di pareti e solai.

Nella parte esterna sono riscontrabili punti ammalorati e/o con infiltrazioni dovuti ad umidità di risalita ed umidità da infiltrazione da pioggia.

La struttura presenta numerosissimi ponti termici risolvibili soltanto con una riqualificazione totale della facciata attraverso l'applicazione di un idoneo cappotto. In alcuni punti dell'involucro esterno si evidenziano lesioni alla tamponatura che lasciano intravedere l'interno della camera d'aria della parete a cassetta.

Gli infissi, per la maggior parte, sono costituiti da vetro singolo senza trattamenti superficiali e telai in metallo senza taglio termico e denotano una certa vetustà. Sono presenti alcuni infissi con vetro doppio senza trattamento.

A seguito di interviste realizzate ai tecnici comunali, si è venuti a conoscenza del fatto che qualche anno fa si era provveduto alla sostituzione dei vetri singoli con nuove lastre a doppio vetro, ma a causa di un'anomala formazione di condensa interna è stata ripristinata la situazione esistente.

Gli infissi non hanno chiusura a tenuta e dalla parte inferiore delle porte sono evidenti esfiltrazioni d'aria calda verso l'esterno. Gli stessi vengono schermati soltanto con veneziane interne in metallo o plastica.



Fig. 6 - Infiltrazioni



Fig. 7 - Lesione tamponatura



Fig. 8 – Veneziane



Fig. 9 - Finestre aula

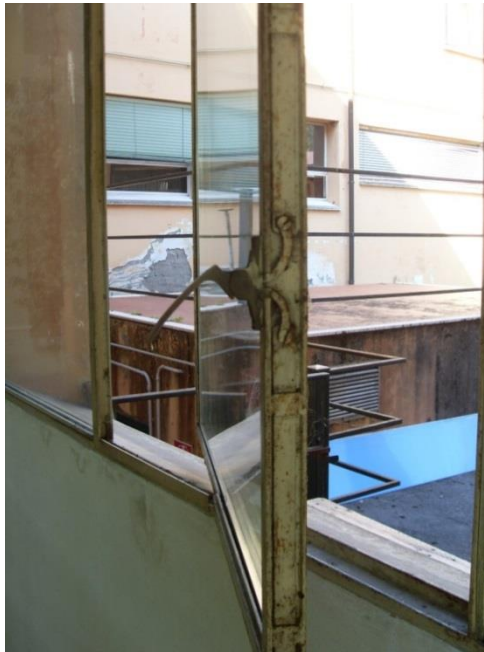


Fig. 10 - Chiusura degli infissi

4.4. L'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto è del tipo centralizzato ed è costituito da una caldaia a gas del 1989 di potenza al focolare pari a 393 kW e potenza utile di 354 kW.

Come già accennato, l'impianto presenta numerose criticità:

- Tubazioni non coibentate;
- Presenza di tratti di tubazione arrugginita;
- Presenza di tratti della rete di distribuzione sui muri esterni, senza protezione;
- Sistema di emissione a radiatori, vetusto;
- Posizionamento dei radiatori all'interno di nicchie e su pareti esterne senza l'inserimento di alcun elemento schermante/riflettente ai fini della riduzione delle dispersioni verso l'esterno;
- Presenza di parti danneggiate e/o non funzionanti.

Il sistema di emissione è costituito da radiatori del tipo tradizionale dotati di rilevatori di temperatura con una T di set point pari a 21 °C, nella zona scuola.

Il rendimento della caldaia è pari al 90% e, in fase di sopralluogo sono state rilevate le seguenti temperature:

T mandata = 75 °C

T ritorno = 60 °C

T terminali = 24,2 – 43,2 °C



Fig. 11 – Radiatore con rilevatore di temperatura

Nella zona palestra, i sistemi di emissione, sono invece costituiti da aerotermi collocati a soffitto. Questi ultimi non vengono messi in funzione in maniera continua ma soltanto al bisogno. Le ampie vetrate presenti nella zona palestra consentono un buon apporto termico gratuito grazie all'effetto serra che si viene a creare.

Nella zona palestra sono presenti 4 box doccia.

4.5. L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Non è stato possibile ottenere informazioni o alcun tipo di dato sulla cabina elettrica ed i contatori presenti.

L'impianto d'illuminazione è del tipo manuale con lampade non a risparmio energetico. Nelle aule sono presenti sistemi al neon con due o tre tubi. Nelle zone comuni le lampade sono del tipo a bulbo sempre di tipo classico.



Fig. 12 - Illuminazione a neon aule



Fig. 13 - Lampade a bulbo ambienti comuni

5. DATI DI PRE-AUDIT

A seguito delle prime informazioni è stato possibile identificare degli indicatori generali prendendo in considerazione la destinazione d'uso di tipo scolastico.

Partendo dai dati acquisiti in via preliminare è stata effettuata un'analisi qualitativa sulla base dei consumi storici utilizzando una metodologia di calcolo sviluppata da ENEA e FIRE e pubblicata nella "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole" dalla quale sono emersi i seguenti giudizi:

<i>Riscaldamento</i>	INSUFFICIENTE
<i>Energia Elettrica</i>	INSUFFICIENTE

È stato, quindi, verificato che qualitativamente la struttura risulta essere molto energivora sia per quanto riguarda i consumi termici che per quelli elettrici.

6. MISURAZIONI E MONITORAGGIO

La seconda parte dell'analisi effettuata ha previsto misurazioni e monitoraggi specifici locale per locale per tutti e 2 i piani dell'organismo edilizio compresa la palestra.

I dati acquisiti sono stati i seguenti:

1. valori di umidità relativa interna;
2. valori di temperatura interna;
3. valori relativi all'illuminamento;
4. verifica di infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria;
5. verifiche di comfort da parte degli utenti.

6.1. UMIDITÀ RELATIVA

Per persone che svolgono attività scolastiche, i valori ottimali di umidità relativa si attestano tra il 40% ed il 60%.

È necessaria la verifica del suddetto indice poiché all'aumentare del valore effettivo, oltre ad esserci rischi per la salute dovuti allo sviluppo di microorganismi e muffe, si amplificano le sensazioni termiche dell'utente creando delle condizioni di discomfort.

Attraverso appropriata strumentazione è stato verificato il valore dell'umidità relativa degli ambienti e con l'ausilio di un software ne è stato riportato in grafo lo stato di fatto.

Dall'analisi effettuata è emerso che i valori di umidità relativa interna sono più alti rispetto ai valori ottimali soprattutto nelle aule dove vengono raggiunte punte del 67%.

6.2. TEMPERATURA INTERNA

Per persone che svolgono attività scolastiche, i valori ottimali di temperatura interna dovrebbero oscillare da un minimo di 18 °C ad un massimo di 22 °C.

Anche in questo caso è stato effettuato un ciclo di misurazioni ambiente per ambiente da cui è emerso che le temperature interne superano i valori ottimali di circa 2-3 °C creando così condizioni di discomfort e conseguente spreco energetico.

Dall'analisi relativa all'umidità relativa e alla temperatura è altresì possibile estrapolare un ulteriore dato relativo alla non ottimale efficacia degli infissi che tendono a disperdere il calore accumulato all'interno degli ambienti.

6.3. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEGLI ELEMENTI DI EMISSIONE

Attraverso l'utilizzo di un termometro per contatto sono state monitorate le temperature degli elementi di emissione ed è emersa un'eccessiva temperatura degli stessi.

Ciò, in alcuni casi, conduce gli utenti a comportamenti "scorretti" quale, ad esempio, apertura degli infissi a impianto funzionante perché viene rilevata una temperatura interna eccessiva.

6.4. ILLUMINAMENTO

Il monitoraggio eseguito ha previsto il rilievo dei lux presenti nei diversi ambienti (aule, laboratori e ambienti comuni). Dai dati acquisiti è emerso che, in alcuni casi, l'illuminazione artificiale è eccessiva rispetto alle reali esigenze, soprattutto nelle aree comuni dove, spesso, viene utilizzata l'illuminazione artificiale anche se non se ne riscontra la necessità.

6.5. INFILTRAZIONI/ESFILTRAZIONI D'ARIA E PRESENZA DI PONTI TERMICI

Nelle aule e nei corridoi sono state rilevate elevate infiltrazioni di aria fredda dagli infissi. Il dato diventa molto evidente attraverso la visualizzazione con termocamera.

La termografia ci ha, inoltre, consentito di rilevare una massiccia presenza di ponti termici e di problemi di umidità soprattutto nella zona del piano terra e in palestra.

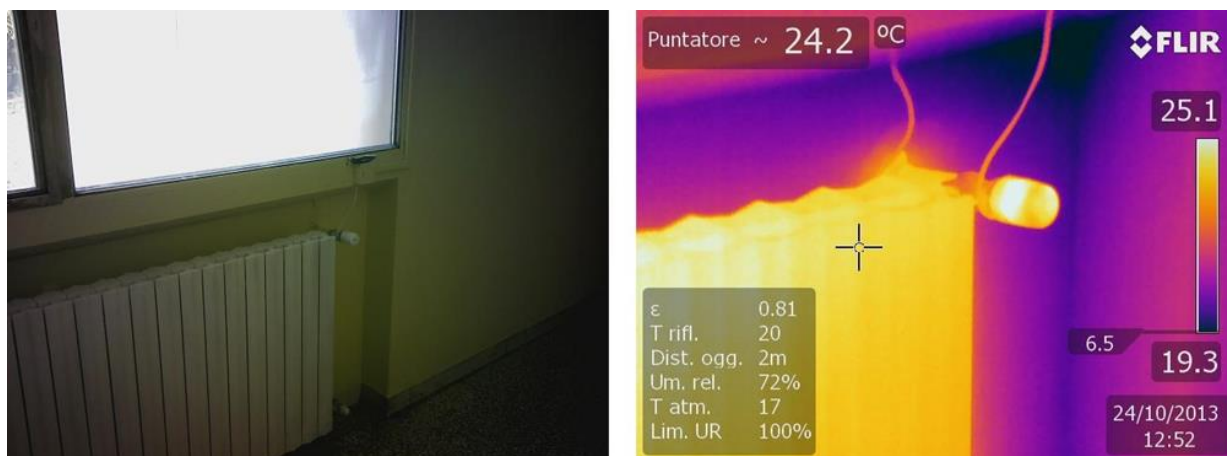


Fig. 14 - Profilo termico radiatore (1)

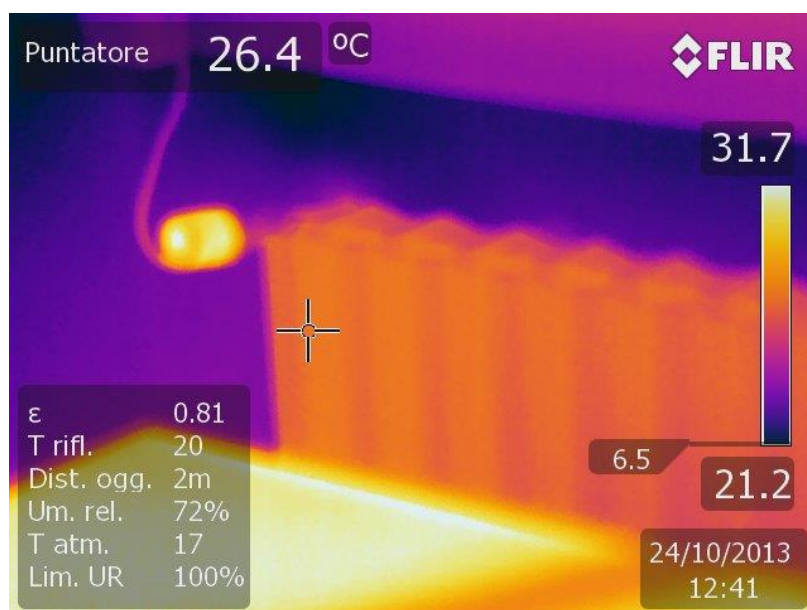


Fig. 15 - Profilo termico radiatore (2)

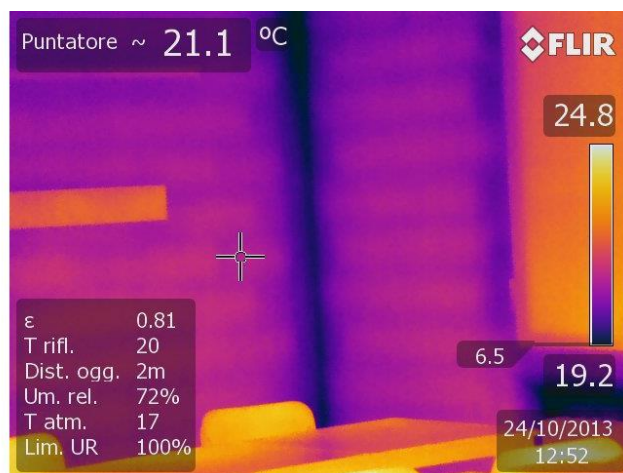
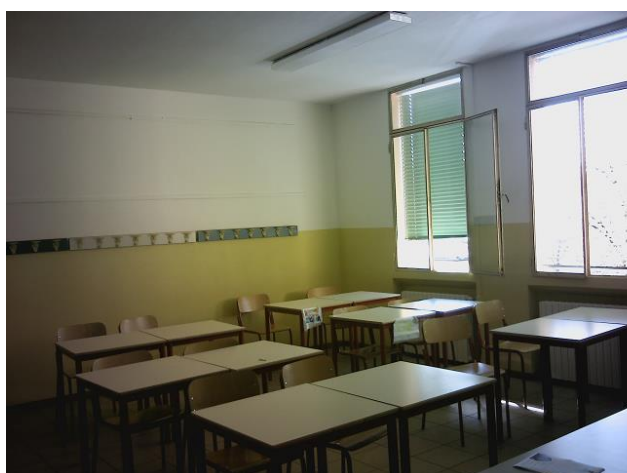


Fig. 16 - Profilo termico ponte termico aula

6.6. FONTI RINNOVABILI

L'edificio è provvisto di un piccolo impianto fotovoltaico a scopo dimostrativo.

L'impianto ha una potenza di picco di 3,4 kW ma è tornato in funzione da poco più di un anno dopo essere "rimasto fermo" per 2-3 anni a causa della rottura dell' inverter.

La copertura ha una superficie abbastanza estesa per l'installazione di nuovi pannelli, previa verifica dei carichi ammissibili.

6.7. UTENZA

Dai brevi colloqui avuti con l'utenza che giornalmente svolge le proprie attività negli ambienti monitorati, è stato verificato quanto segue:

1. Si lamenta una temperatura interna degli ambienti eccessivamente alta;
2. Si lamenta l'impossibilità di agire sul sistema di emissione;
3. Si lamenta un eccessivo abbagliamento dovuto alla luce naturale in alcune ore del giorno.

6.8. VALORI RILEVATI

Qui di seguito si riportano in pianta i valori medi di temperatura, umidità e illuminamento rilevati per singolo vano durante la campagna di misura:

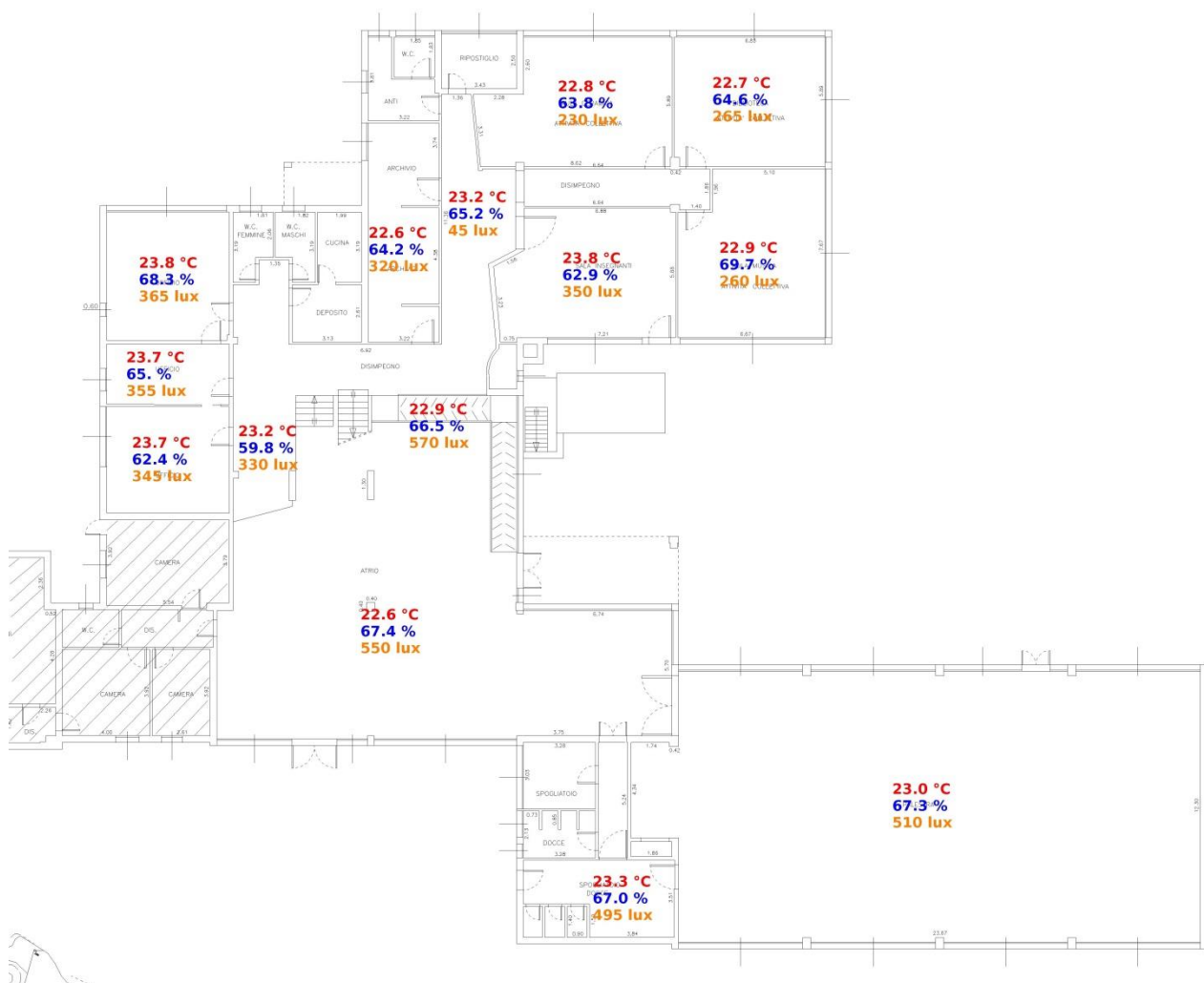


Fig. 17 - Valori medi rilevati piano terra



Fig. 18 - Valori medi rilevati piano primo

7. CONCLUSIONI

Tenendo conto della modellazione effettuata la caldaia risulta sovradimensionata rispetto ai reali fabbisogni.

A conclusione dell'audit si può affermare che la struttura ha consumi molto elevati dovuti sia all'impianto di riscaldamento sia all'impianto di illuminazione.

Qui di seguito si indicano i valori di fabbisogno primario e netto:

SCUOLA

$$E_{pi} = 79,75 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{a}$$

$$E_{pacs} = 1,41 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{a}$$

PALESTRA

$$E_{pi} = 41,39 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{a}$$

$$E_{pacs} = 0,72 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{a}$$

Visti i valori di fabbisogno molto elevati si rendono perciò indispensabili interventi migliorativi al fine di riportare i consumi della Scuola almeno all'interno dei parametri di sufficienza.

INDICE DELLE FIGURE

FIG. 1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
FIG. 2 - CONSUMI ENERGETICI.....	10
FIG. 3 - PLANIMETRIA GENERALE DELL' AREA	11
FIG. 4 - PIANTA PIANO TERRA (<i>LA ZONA PERIMETRATA DI ROSSO NON RIENTRA NEL CALCOLO</i>).....	11
FIG. 5 - PIANTA PIANO PRIMO	12
FIG. 6 - INFILTRAZIONI	13
FIG. 7 - LESIONE TAMPONATURA.....	13
FIG. 8 – VENEZIANE	14
FIG. 9 - FINESTRE AULA.....	14
FIG. 10 - CHIUSURA DEGLI INFISSI.....	15
FIG. 11 – RADIATORE CON RILEVATORE DI TEMPERATURA	16
FIG. 12 - ILLUMINAZIONE A NEON AULE	17
FIG. 13 - LAMPADE A BULBO AMBIENTI COMUNI	17
FIG. 14 - PROFILO TERMICO RADIATORE (1)	20
FIG. 15 - PROFILO TERMICO RADIATORE (2)	21
FIG. 16 - PROFILO TERMICO PONTE TERMICO AULA	21
FIG. 17 - VALORI MEDI RILEVATI PIANO TERRA	22
FIG. 18 - VALORI MEDI RILEVATI PIANO PRIMO	23

RINGRAZIAMENTI

Le attività svolte sono state possibili grazie alla collaborazione con i tecnici del Comune di Brisighella e al sostegno del Sindaco che ha messo a disposizione la struttura scolastica per eseguire i rilievi necessari.

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
www.enea.it

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati
dicembre 2016