



STUDIO CAVAGGIONI

Diagnosi Energetica

POGGIO RUSCO

Scuola media

STUDIO CAVAGGIONI SCARL
Via Luigi Pirandello, 3/N - 37047 San Bonifacio (VR) - Tel 045.6101835 - Fax 045.6107022 - scarl@studiocavaggioni.it www.studiocavaggioni.it
CODICE FISCALE E PARTITA IVA 03594460234
MOD.7.14_G_STL_1_REV.00



Intervento di riqualificazione energetica dell'involucro edilizio della Scuola Media di Poggio Rusco Mantova

DIAGNOSI ENERGETICA

I tecnici:



Indice

1	Premessa	4
2	Analisi sistema edificio - impianti	5
2.1	<i>Impianto di riscaldamento</i>	5
2.1.1	Caratteristiche generali	5
2.1.2	Consumi storici di gas.....	7
2.1.3	Dispersioni termiche	8
2.1.4	Analisi degli impianti.....	24
2.2	<i>Illuminazione e consumi di energia elettrica</i>	25
2.2.1	Caratteristiche generali	25
2.2.2	Consumi storici di energia elettrica	26
2.2.3	Calcolo dei fabbisogni per i dispositivi luminosi.....	26
3	Classificazione energetica stato di fatto	27
4	Piano energetico di risanamento	28
4.1	<i>Interventi proposti</i>	28
4.1.1	Intervento 1: Installazione valvole termostatiche	29
4.1.2	Intervento 2: isolamento termico del solaio sottotetto	30
4.1.3	Intervento 3: realizzazione del cappotto esterno.....	32
4.1.4	Intervento 4: Installazione lampade a led	34
4.2	<i>Progetti proposti e risultati conseguibili</i>	35
4.2.1	Progetto A.....	36
4.2.2	Progetto B.....	39
4.2.3	Progetto C	42
5	Prospetto riepilogativo	45

1 Premessa

Nelle pagine seguenti viene esposta la diagnosi energetica della Scuola Media di Poggio Rusco - Mantova. L'analisi è stata condotta secondo quanto indicato dal Decreto Legislativo 102/2014 e dal Decreto della Giunta Regionale 30 luglio 2015 n. 6480. Nello specifico la prima parte è dedicata alla valutazione del sistema edificio-impianto nello stato di fatto, mentre nella seconda vengono prese in considerazione le opere di efficientamento energetico proposte. Nell'ultima sezione è contenuta la valutazione del tempo di ritorno economico.

2 Analisi sistema edificio – impianti

2.1 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

2.1.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Nella tabella seguente sono evidenziate le caratteristiche generali dell'immobile:

Destinazione d'uso	<i>Scuola Media</i>
Anno di costruzione	<i>1962-65 (blocchi nord-est e nord-ovest) 1969-70 (blocco sud-ovest) 1972 (blocco palestra)</i>
Ubicazione	<i>Via Martiri della Libertà 43</i>
Numero piani fuori terra	<i>2</i>
Numero piani interrati o seminterrati	<i>0</i>
Superficie utile riscaldata	<i>1.643 mq</i>
Volume riscaldato	<i>5.585 mc</i>
Orientamento	<i>Nord – sud – est -ovest</i>
Forma	<i>Edificio a C</i>
Corpi scaldanti	<i>Radiatori</i>
Combustibile alimentazione centrale termica	<i>Metano</i>
Tipo di impianto	<i>Centralizzato</i>
Tipo generatori di calore	<i>Caldaia a condensazione (2014)</i>
Coibentazione pareti perimetrali	<i>Assente</i>
Coibentazione copertura	<i>Assente</i>
Coibentazione solette	<i>Assente</i>
Serramenti	<i>In alluminio con vetrocamera</i>

Repertorio fotografico



2.1.2 CONSUMI STORICI DI GAS

Di seguito vengono esposti i consumi di gas metano dell'edificio in esame in riferimento alle ultime annualità (comprensivi del solo riscaldamento):

- Anno 2014: 27.530 Smc/anno
- Anno 2015: 23.316 Smc/anno

Il consumo può essere stimato attorno a 23.316 Smc/anno.

I valori presentano scostamenti notevoli che dipendono da diversi fattori tra cui:

- 1) Gestione dell'impianto;
- 2) Sostituzione dei generatori di calore nel 2014;
- 3) Condizioni climatiche esterne, ossia il numero di gradi giorno che caratterizza la stagione di riscaldamento;
- 4) Orari di utilizzo della struttura.

In generale il consumo risulta inferiore rispetto a quello calcolato, in considerazione del buon stato di conservazione e funzionale dell'impianto termico e dell'accurata gestione degli orari di accensione e spegnimento.

Si riporta nel seguito il risultato del modello di calcolo impostato per l'edificio in oggetto:

Fabbisogni di energia primaria e indici di prestazione				<input type="radio"/> Energia primaria	<input checked="" type="radio"/> Indici di prestazione energetica
Servizio	EP,nren [kWh/m²]	EP,ren [kWh/m²]	EP,tot [kWh/m²]		
Riscaldamento	156,94	0,88	157,82		
Acqua calda sanitaria	1,23	0,30	1,53		
Raffrescamento	0,61	0,15	0,76		
Illuminazione	23,05	5,56	28,61		
Totale	181,84	6,89	188,72		

Vettori energetici ed emissioni di CO2				
Vettore energetico	Consumo	U.M.	CO2 [kg/anno]	Servizi
Metano	24131	Nm³/anno	50321	Riscaldamento
Energia elettrica	24075	kWhel/anno	20337	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Raffrescamento, Illuminazione

Nel riquadro rosso viene esposto il consumo di combustibile calcolato: l'errore rispetto al consumo stimato delle ultime due stagioni è inferiore al 3%.

2.1.3 DISPERSIONI TERMICHE

Nei prospetti riportati sono riassunte le superfici disperdenti dell'edificio in funzione della loro tipologia.

Dettaglio delle dispersioni per trasmissione dei componenti

Dispersioni strutture opache:

Cod	Tipo	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	θ _e [°C]	S _{Tot} [m ²]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
M1	T	Muro 31 cm	1,774	-5,0	1404,55	70810	41,5
M2	U	Muro CT 31 cm	1,530	5,0	38,56	885	0,5
M3	T	Muro ingresso 15 cm - PAL	2,827	-5,0	3,81	323	0,2
M6	T	Cassonetto vecchio	1,694	-5,0	33,59	1494	0,9
M7	T	Cassonetto nuovo	0,686	-5,0	83,25	1580	0,9
P1	G	Piano rialzato - PT	0,611	-5,0	688,98	10516	6,2
P3	U	Piano primo - P1	1,255	5,0	21,13	398	0,2
P4	G	Piano rialzato - COL	0,599	-5,0	34,48	517	0,3
P5	G	Piano rialzato - PAL	0,586	-5,0	273,74	4009	2,4
P6	G	Piano rialzato - U	0,590	-5,0	128,50	1895	1,1
S1	U	Soffitto sottotetto - P1	1,560	2,5	826,47	22566	13,2
S2	T	Soffitto tetto piano - PT	1,654	-5,0	8,55	354	0,2
S3	T	Soffitto sottotetto - COL	1,721	-5,0	34,48	1484	0,9
S4	U	Soffitto sottotetto - PAL	1,560	2,5	273,74	7474	4,4

Totale: **124.304** **72,9**

Dispersioni strutture trasparenti:

Cod	Tipo	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	θ _e [°C]	S _{Tot} [m ²]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
W1	T	4,7 x 1,80 dv	3,106	-5,0	96,91	7902	4,6
W2	T	1.5 x 1.80 dv	3,135	-5,0	3,87	318	0,2
W3	T	1.0 x 1.80 dv	3,235	-5,0	7,81	716	0,4
W4	T	0.6 x 1.80 dv	3,071	-5,0	12,49	1103	0,6
W5	T	2.4 x 2.54 vs - COL	6,162	-5,0	7,26	1174	0,7
W6	T	2.4 x 2.54 dv - COL	4,864	-5,0	7,26	1059	0,6
W7	T	2.4 x 2.4 dv - PAL	3,134	-5,0	56,12	4690	2,7
W8	T	1.75 x 1,84 dv - PAL	3,134	-5,0	6,35	597	0,4
W9	T	1.3 x 1,84 dv	3,174	-5,0	106,61	9648	5,7
W10	T	1.3 x 2,40 vs	6,176	-5,0	3,12	578	0,3
W11	T	1.3 x 2,80 vs	6,144	-5,0	22,75	4053	2,4
W12	T	6 x 3 dv - ingr PT	1,905	-5,0	36,00	1972	1,2
W13	T	1.85 x 1,84 dv	3,117	-5,0	9,70	831	0,5
W14	T	4.70 x 1,84 dv	2,977	-5,0	87,04	6847	4,0
W15	T	6 x 2.6 dv - ingr P1	2,040	-5,0	31,20	1830	1,1
W16	T	1.5 x 1,84 dv	3,209	-5,0	3,97	334	0,2
W17	T	0.6 x 1.44 dv	3,067	-5,0	5,31	489	0,3
W18	T	1.0 x 1.80 dv	3,207	-5,0	2,58	238	0,1
W19	T	1.3 x 2,80 dv	3,175	-5,0	4,55	433	0,3
W20	T	1.3 x 1,84 dv (W9 con p.t.)	3,174	-5,0	6,88	600	0,4

Totale: **45.413** **26,6**

Totale dispersioni: $\Phi_{tr,d} = 169.717 \text{ W}$

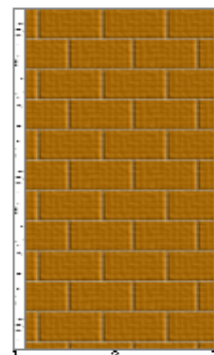
Legenda simboli

U	Trasmittanza termica dell'elemento disperdente
Ψ	Trasmittanza termica lineica del ponte termico
θ_e	Temperatura di esposizione dell'elemento
S_{Tot}	Superficie totale su tutto l'edificio dell'elemento disperdente
L_{Tot}	Lunghezza totale su tutto l'edificio del ponte termico
Φ_{tr}	Potenza dispersa per trasmissione
$\% \Phi_{Tot}$	Rapporto percentuale tra il Φ_{tr} dell'elemento e il Φ_{tr} totale dell'edificio

Nelle immagini seguenti se ne riportano le stratigrafie la cui consistenza è stata ricavata dalla Relazione di valutazione della sicurezza sismica, realizzata nel marzo 2013:

Descrizione della struttura: Muro 31 cm**Codice: M1**

Trasmittanza termica	1,663	W/m ² K
Spessore	310	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	70,922	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	555	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	504	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,428	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,257	-
Sfasamento onda termica	-9,9	h

**Stratigrafia:**

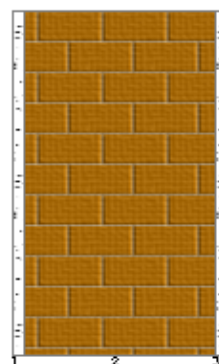
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
2	Mattone pieno	280,00	0,778	0,360	1800	0,84	9
3	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Muro CT 31 cm**Codice: M2**

Trasmittanza termica	1,530	W/m ² K
Spessore	310	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	5,0	°C
Permeanza	70,922	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	555	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	504	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,331	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,217	-
Sfasamento onda termica	-10,3	h

**Stratigrafia:**

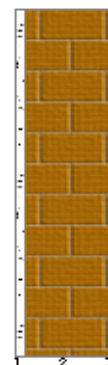
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
2	Mattoni pieni	280,00	0,778	0,360	1800	0,84	9
3	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Muro ingresso 15 cm - PALESTRA/**Codice: M3**

Trasmittanza termica	2,555	W/m ² K
Spessore	150	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	144,92 8	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	267	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	216	kg/m ²
Trasmittanza periodica	1,679	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,657	-
Sfasamento onda termica	-4,7	h

**Stratigrafia:**

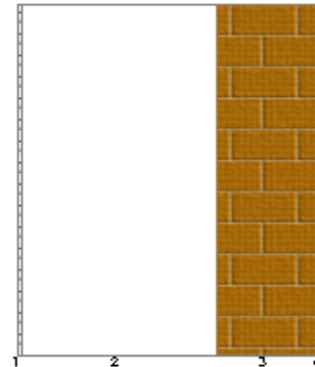
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
2	Mattone pieno	120,00	0,800	0,150	1800	0,84	9
3	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Cassonetto vecchio**Codice: M6**

Trasmittanza termica	1,592	W/m ² K
Spessore	440	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	44,004	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	278	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	254	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,801	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,503	-
Sfasamento onda termica	-5,7	h

**Stratigrafia:**

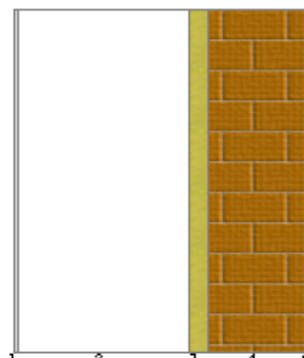
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	5,00	0,120	0,042	450	1,60	625
2	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	280,00	1,556	0,180	-	-	-
3	Mattone pieno	140,00	0,778	0,180	1800	0,84	9
4	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Cassonetto nuovo**Codice: M7**

Trasmittanza termica	0,669	W/m ² K
Spessore	440	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	0,004	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	291	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	267	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,268	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,400	-
Sfasamento onda termica	-6,6	h

**Stratigrafia:**

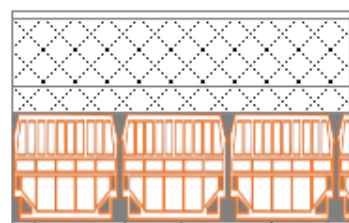
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Leghe di alluminio	5,00	160,000	0,000	2800	0,88	9999999
2	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	250,00	1,389	0,180	-	-	-
3	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 250)	30,00	0,033	0,909	35	1,45	60
4	Mattone pieno	140,00	0,778	0,180	1800	0,84	9
5	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Piano rialzato - PT**Codice: P1**

Trasmittanza termica	1,499	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,611	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	455	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	439	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,420	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,687	-
Sfasamento onda termica	-9,2	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	100,00	0,700	0,143	1600	0,88	20
3	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,260	0,032	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 16 - Interasse 50	160,00	0,610	0,262	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Piano primo - p1**Codice: P3**

Trasmittanza termica	1,255	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	5,0	°C
Permeanza	0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	455	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	439	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,256	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,204	-
Sfasamento onda termica	-10,2	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	100,00	0,700	0,143	1600	0,88	20
3	C.i.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,260	0,032	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 16 - Interasse 50	160,00	0,610	0,262	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Piano rialzato - COL**Codice: P4**

Trasmittanza termica	1,499	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,599	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	455	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	439	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,420	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,700	-
Sfasamento onda termica	-9,2	h

**Stratigrafia:**

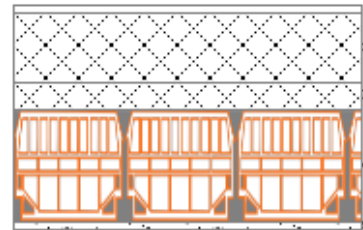
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	100,00	0,700	0,143	1600	0,88	20
3	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,260	0,032	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 16 - Interasse 50	160,00	0,610	0,262	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Piano rialzato - PAL**Codice: P5**

Trasmittanza termica	1,499	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,586	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	455	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	439	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,420	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,716	-
Sfasamento onda termica	-9,2	h

**Stratigrafia:**

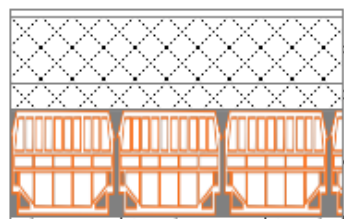
N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	100,00	0,700	0,143	1600	0,88	20
3	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,260	0,032	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 16 - Interasse 50	160,00	0,610	0,262	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: *Piano rialzato - U***Codice: P6**

Trasmittanza termica	1,499	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,590	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	0,002	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	455	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	439	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,420	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,711	-
Sfasamento onda termica	-9,2	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300	0,008	2300	0,84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	100,00	0,700	0,143	1600	0,88	20
3	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,260	0,032	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 16 - Interasse 50	160,00	0,610	0,262	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Soffitto sottotetto - P1**Codice: S1**

Trasmittanza termica	1,560	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	2,5	°C
Permeanza	26,667	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	432	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	416	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,486	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,312	-
Sfasamento onda termica	-9,0	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Sottofondo di cemento magro	60,00	0,700	0,086	1600	0,88	20
2	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	50,00	1,260	0,040	2000	1,00	96
3	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660	0,303	1100	0,84	7
4	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Soffitto tetto piano - PT**Codice: S2**

Trasmittanza termica	1,557	W/m ² K
Spessore	324	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	0,263	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	437	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	421	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,481	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,309	-
Sfasamento onda termica	-9,0	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-
1	Impermeabilizzazione con bitume	4,00	0,170	0,024	1200	1,00	188000
2	Sottofondo di cemento magro	60,00	0,700	0,086	1600	0,88	20
3	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	50,00	1,260	0,040	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660	0,303	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Soffitto sottotetto - COL**Codice: S3**

Trasmittanza termica	1,617	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	26,667	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	432	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	416	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,545	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,337	-
Sfasamento onda termica	-8,8	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-
1	Sottofondo di cemento magro	60,00	0,700	0,086	1600	0,88	20
2	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	50,00	1,260	0,040	2000	1,00	96
3	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660	0,303	1100	0,84	7
4	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: Soffitto sottotetto - PAL**Codice: S4**

Trasmittanza termica	1,560	W/m ² K
Spessore	320	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	2,5	°C
Permeanza	26,667	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	432	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	416	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,486	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,312	-
Sfasamento onda termica	-9,0	h

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Sottofondo di cemento magro	60,00	0,700	0,086	1600	0,88	20
2	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	50,00	1,260	0,040	2000	1,00	96
3	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660	0,303	1100	0,84	7
4	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

2.1.4 ANALISI DEGLI IMPIANTI

L'impianto di produzione calore a servizio dell'edificio scolastico è di tipo centralizzato. La fornitura è affidata ad un generatore di calore a basamento di recente installazione abbinato ad un bruciatore. La distribuzione del fluido termovettore alle utenze è affidato a quattro circuiti, che raggiungono rispettivamente i corpi scaldanti posti al piano terra, al primo piano e all'edificio adibito a palestra. La termoregolazione della temperatura di mandata è affidata ad una centralina climatica a cui risulta asservita una valvola miscelatrice a tre vie. Sono inoltre presenti termostati di zona con controllo tramite sonda ambiente.

I terminali in ambiente consistono in radiatori multi colonna in ghisa.

Lo stato di conservazione della centrale termica e delle apparecchiature al suo interno può essere considerato molto buono, rinnovato nel 2014 con l'installazione di una caldaia a condensazione di potenza 350 kW.

2.2 ILLUMINAZIONE E CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA

2.2.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Nella tabella seguente sono evidenziate le caratteristiche generali dell'immobile:

Destinazione d'uso	<i>Scuola Media</i>
Superficie utile illuminata	<i>1643 mq</i>
Orientamento	<i>Nord - sud - est - ovest</i>
Apparecchi luminosi	<i>179 Lampade tubolari fluorescenti 3 Lampade a spirale fluorescenti 5 lampade a incandescenza</i>
Altri apparecchi che influiscono sul consumo di energia elettrica	<i>5 unità interne sistema split 2 scaldacqua elettrici 1 pompa di distribuzione per l'impianto di riscaldamento 21 pc 19 proiettori 11 lavagne luminose 5 stampanti/fotocopiatrici</i>

Repertorio fotografico



2.2.2 CONSUMI STORICI DI ENERGIA ELETTRICA

Di seguito vengono esposti i consumi di energia elettrica dell'edificio in esame in riferimento agli anni 2013-2014:

- Anno 2013: 31.036 kWh/anno
- Anno 2014: 33.259 kWh/anno

Il consumo può essere stimato attorno a 32.148 kWh/anno, corrispondente alla media tra le due annualità.

Lo scostamento tra i valori può dipendere da diversi fattori:

- 1) Orari di utilizzo della struttura;
- 2) Implementazione degli apparecchi elettrici utilizzati nell'edificio.

Si riporta nel seguito il risultato del modello di calcolo impostato per l'edificio in oggetto:

Vettori energetici ed emissioni di CO2				
Vettore energetico	Consumo	U.M.	CO2 [kg/anno]	Servizi
Metano	24131	Nm³/anno	50321	Riscaldamento
Energia elettrica	24075	kWhel/anno	20337	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Raffrescamento, Illuminazione

Nel riquadro rosso viene esposto il consumo di energia elettrica calcolato con il modello di calcolo, che comprende la somma dei consumi per l'illuminazione, per il funzionamento delle pompe dell'impianto di riscaldamento, per gli scaldacqua dei servizi e per i sistemi split degli impianti di raffrescamento. A questi si devono sommare i consumi degli apparecchi elettrici utilizzati nelle aule e negli uffici (pc, stampanti, scanner, proiettori e lavagne luminose), con dei consumi stimati di 8.521 kWh/anno. La stima del consumo complessivo si attesta quindi a 32.596 kWh/anno.

L'errore rispetto al consumo medio degli anni 2014 e 2013 è inferiore al 2%.

2.2.3 CALCOLO DEI FABBISOGNI PER I DISPOSITIVI LUMINOSI

Noti il numero dei dispositivi luminosi (lampade fluorescenti tubolari da 150 cm) e la loro potenza, il modello di calcolo ha stimato i seguenti consumi annuali di energia elettrica destinata all'illuminazione:

Fabbisogni illuminazione interna			
Dispositivi luminosi (locali climatizzati)	Qill,int,a	18112	kWhel
Dispositivi di comando ed emergenza	Qill,int,p	1315	kWhel
Dispositivi luminosi (locali non climatizzati)	Qill,int,u	0	kWhel
Illuminazione interna totale	Qill,int	19427	kWhel

4 Piano energetico di risanamento

Secondo quanto evidenziato in precedenza, le prestazioni energetiche del complesso scolastico sono penalizzate pesantemente dalla qualità scadente dell'involucro edilizio, con riferimento particolare alle strutture opache. La centrale termica è in buone condizioni: il generatore di calore è stato sostituito recentemente con una caldaia a condensazione, ipotizza un ulteriore efficientamento tramite l'installazione di valvole termostatiche. Si considera inoltre la possibilità di migliorare l'efficienza dell'impianto di illuminazione.

4.1 INTERVENTI PROPOSTI

In tale ottica si propone la realizzazione di una serie di interventi di miglioramento che possono essere così sintetizzati:

- 1) Installazione di valvole termostatiche ai terminali;
- 2) Isolamento termico del solaio sottotetto che risulta accessibile dall'interno. Si propone la posa di 16 cm di lana di roccia;
- 3) Realizzazione di un isolamento a cappotto esterno tramite pannelli in EPS di spessore 13 cm;
- 4) Sostituzione delle lampade fluorescenti lineari con lampade a led.

4.1.1 INTERVENTO 1: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Indice di prestazione energetica EP_{tot}	Indice di prestazione energetica EP_{tot}
Riscaldamento	157,82 kWh/m ²	143,35 kWh/m ²
	Consumo	Consumo
Metano	24.131 m ³ /anno	21.915 m ³ /anno

Si ipotizza per lo stato di progetto la sostituzione delle valvole dei radiatori con valvole termostatiche con protezione anti-smontaggio, che permette un miglioramento dell'efficienza del sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento.

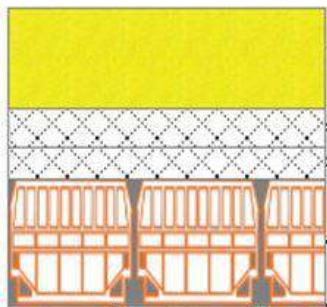
In tabella sono riportati anche l'indice di prestazione energetica EP_{tot} per il riscaldamento e il consumo di combustibile, in riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto, calcolati con lo stesso modello di calcolo. Il fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento diminuisce nello stato di progetto di 14,47 kWh/m², mentre il consumo di metano si riduce di 2.216 m³/anno, corrispondente ad un risparmio del 9%.

4.1.2 INTERVENTO 2: ISOLAMENTO TERMICO DEL SOLAIO SOTTOTETTO

Descrizione della struttura: *soffitto sottotetto ISOLANTE- Scuola - P1*

Codice: *S1*

Trasmittanza termica	0,192	W/m ² K
Spessore	480	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-2,5	°C
Permeanza	26,110	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	438	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	422	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,019	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,098	-
Sfasamento onda termica	-11,9	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Pannello in lana di roccia	160,00	0,035	4,571	40	1,03	1
2	Sottofondo di cemento magro	60,00	0,700	0,086	1600	0,88	20
3	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	50,00	1,260	0,040	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	0,660	0,303	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Trasmittanza U	Trasmittanza U
S1 - Solaio sottotetto	1,560 W/m ² K	0,192 W/m ² K < 0,20 (limite C.T.)
	Indice di prestazione energetica EP _{tot}	Indice di prestazione energetica EP _{tot}
Riscaldamento	157,82 kWh/m ²	132,87 kWh/m ²
	Consumo	Consumo
Metano	24.131 m ³ /anno	20.316 m ³ /anno

La posa di pannelli in lana di roccia, per uno spessore totale di 16 cm all'estradosso del solaio di sottotetto, permette di ridurre significativamente la trasmittanza dell'elemento. Si ottiene un valore di 0,192 W/m²K, ben al di sotto del limite imposto dalla normativa (D.G.R. 30 luglio 2015 n. 6480), che corrisponde a 0,24 W/m²K per la zona termica E; inoltre il valore risulta inferiore al limite di 0,20 W/m²K, necessario per accedere al contributo del Conto Termico previsto dal D.M. 16 febbraio 2016.

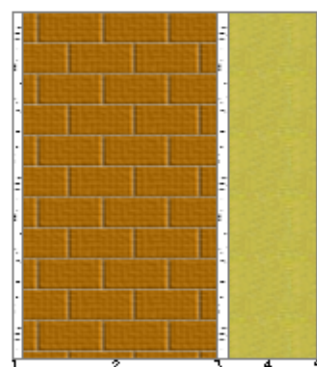
In tabella sono riportati anche l'indice di prestazione energetica EP_{tot} per il riscaldamento e il consumo di combustibile, in riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto, calcolati con lo stesso modello di calcolo. Il fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento diminuisce nello stato di progetto di 24,95 kWh/m², mentre il consumo di metano si riduce di 3.815 m³/anno, corrispondente ad un risparmio del 16%.

4.1.3 INTERVENTO 3: REALIZZAZIONE DEL CAPPOTTO ESTERNO

Descrizione della struttura: *Muro 46 cm ISOLATO/- SCUOLA*

Codice: *M1*

Trasmittanza termica	0,218	W/m ² K
Spessore	455	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	18,067	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	578	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	508	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,016	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,076	-
Sfasamento onda termica	-13,2	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
2	Mattone pieno	280,00	0,778	0,360	1800	0,84	9
3	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,000	0,015	1800	1,00	10
4	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 200)	130,00	0,033	3,939	30	1,45	60
5	Intonaco plastico per cappotto	15,00	0,300	0,050	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,078	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Trasmittanza U	Trasmittanza U
M1 – Muro esterno PT	1,774 W/m ² K	0,220 W/m ² K (<0,23 limite C.T.)
	Indice di prestazione energetica EP _{tot}	Indice di prestazione energetica EP _{tot}
Riscaldamento	157,82 kWh/m ²	110,47 kWh/m ²
	Consumo	
Metano	24.131 m ³ /anno	16.892 m ³ /anno

Il progetto d'intervento prevede l'isolamento a cappotto delle pareti esterne dell'edificio con un pannello in polistirene espanso sinterizzato (EPS) di spessore 13 cm. L'isolamento permette di ridurre significativamente la trasmittanza dell'elemento. Si ottiene un valore di 0,22 W/m²K, al di sotto del limite imposto dalla normativa (D.G.R. 30 luglio 2015 n. 6480), che corrisponde a 0,26 W/m²K per la zona termica E; inoltre il valore risulta pari al limite di 0,23 W/m²K, necessario per accedere al contributo del Conto Termico previsto dal D.M. 16 febbraio 2016.

In tabella sono riportati anche l'indice di prestazione energetica EP_{tot} per il riscaldamento e il consumo di combustibile, in riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto, calcolati con lo stesso modello di calcolo. Il fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento diminuisce nello stato di progetto di 47,35 kWh/m², mentre il consumo di metano si riduce di 4.554 m³/anno, corrispondente ad un risparmio del 30%.

4.1.4 INTERVENTO 4: INSTALLAZIONE LAMPADE A LED

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Indice di prestazione energetica EP_{tot}	Indice di prestazione energetica EP_{tot}
Illuminazione	28,61 kWh/m ²	12,42 kWh/m ²
	Consumo	Consumo
Sola illuminazione	19.427 kWh/anno	8.433 kWh/m ²
Consumi elettricità totali	32.620 kWh/anno	21.602 kWh/anno

Si ipotizza per lo stato di progetto la sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade a led, che presentano un consumo minore della metà rispetto alle lampade fluorescenti, a parità di flusso luminoso. Le lampade soddisfano i requisiti tecnici previsti per accedere agli incentivi del Conto Termico:

- a. Indice di resa cromatica (IRC) maggiore di 80 per l'illuminazione d'interni e maggiore di 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne degli edifici;
- b. Efficienza luminosa minima: 80 lm/W.

In tabella sono riportati i consumi di energia elettrica per la sola illuminazione e i consumi totali per tutti gli apparecchi elettrici, in riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto, calcolati con lo stesso modello di calcolo. Il fabbisogno di energia elettrica per i dispositivi luminosi diminuisce nello stato di progetto di 10.994 kWh/anno, corrispondente ad un risparmio del 57% rispetto ai consumi per l'illuminazione, e del 34% rispetto ai consumi totali.

4.2 PROGETTI PROPOSTI E RISULTATI CONSEGUIBILI

A partire dai risultati ottenuti si individuano tre possibili progetti che raggruppano alcuni degli interventi precedentemente esposti. Nei progetti è stato necessario limitare le opere di efficientamento per rispettare la quota massima del 50% della superficie disperdente oggetto di intervento. Il superamento della percentuale massima comporterebbe infatti secondo il D.D.U.O. 176/2017 l'adeguamento dell'edificio alle caratteristiche dell'edificio ad energia quasi zero (NZEB). Il raggiungimento delle prestazioni dell'NZEB non sarebbe attuabile nei tempi di ritorno massimi previsti (20 anni), per l'entità degli ulteriori interventi necessari sull'impianto termico e fotovoltaico.

Si definiscono sinteticamente i tre progetti:

- Progetto A: installazione di valvole termostatiche ai terminali e isolamento del solaio di sottotetto dell'edificio scolastico e di quello adibito a mensa;
- Progetto B: installazione di valvole termostatiche ai terminali e realizzazione del cappotto esterno sull'edificio scolastico e su quello adibito a mensa;
- Progetto C: installazione di valvole termostatiche ai terminali e interventi di isolamento del solo edificio scolastico sul solaio di sottotetto e sulle pareti perimetrali.

In tutti e tre i progetti è prevista inoltre la sostituzione delle lampade fluorescenti con lampada a led.

4.2.1 PROGETTO A

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- Intervento 1: installazione di valvole termostatiche ai terminali;
- Intervento 2: isolamento termico del solaio sottotetto che risulta accessibile dall'interno, sia dell'edificio scolastico sia dell'edificio adibito a mensa. Si propone la posa di 16 cm di lana di roccia;
- Intervento 4: sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade a led.

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Indice di prestazione energetica EP _{tot}	Indice di prestazione energetica EP _{tot}
Riscaldamento	157,82 kWh/m ²	118,80 kWh/m ²
Illuminazione	28,61 kWh/m ²	12,42 kWh/m ²
	Consumo	Consumo
Metano	24.131 m ³ /anno	18.162 m ³ /anno
Energia elettrica	32.620 kWh/anno	20.848 kWh/anno

Gli interventi progettati sono rivolti al miglioramento delle prestazioni energetiche per il fabbisogno di riscaldamento e illuminazione. Si ottiene per il riscaldamento una diminuzione di 39,02 kWh/m², pari a un risparmio del 25%, mentre per l'illuminazione una diminuzione di 16,19 kWh/m², pari a un risparmio del 57%.

La realizzazione dei tre interventi consente secondo il modello di calcolo un risparmio di 5.969 m³/anno di gas (-25% rispetto allo stato di fatto) e di 11.772 kWh/anno di energia elettrica (-36% rispetto allo stato di fatto).

VERIFICHE DI LEGGE

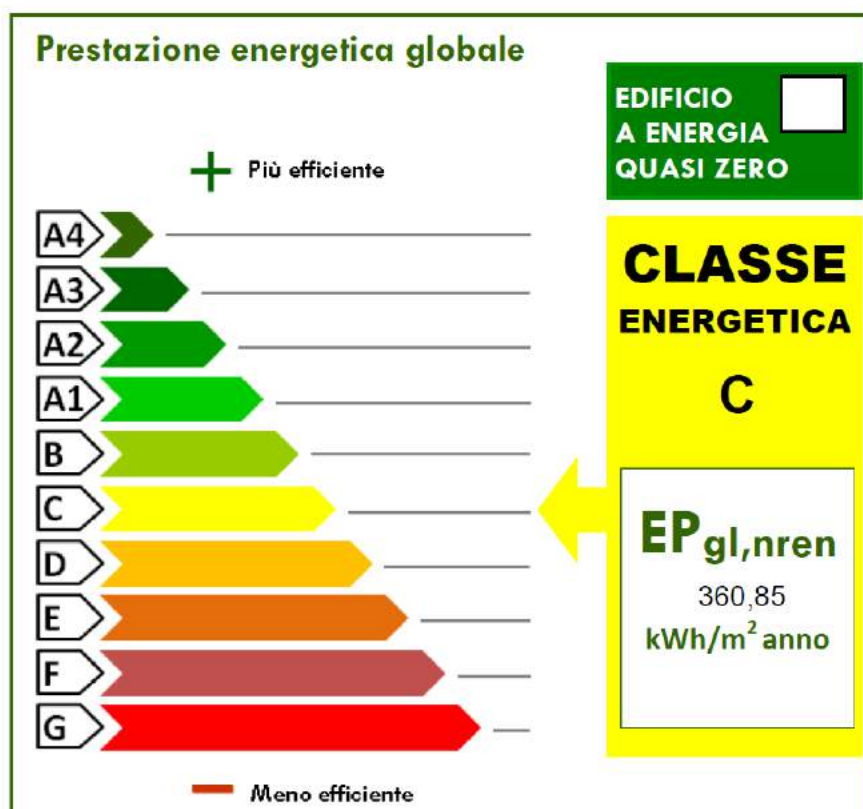
Il progetto degli interventi rientra nella categoria della ristrutturazione importante di secondo livello, ovvero riguarda una superficie disperdente compresa tra il 25% e il 50%. Il DDUO del 30 luglio 2015, n. 6480 prevede per questa classe di interventi le seguenti verifiche, applicate secondo i valori limite previsti a partire dal 1 gennaio 2017.

Tipo di verifica	Esito
Verifica termoisometrica	Positiva
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva
Trasmittanza media strutture opache	Positiva
Trasmittanza media strutture trasparenti	-
Fattore di trasmissione solare totale	-
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento	Positiva

Tutte le verifiche sono risultate positive.

CLASSE ENERGETICA CONSEGUITA

Gli interventi di efficientamento permettono di raggiungere la classe energetica C.



TEMPO DI RITORNO ECONOMICO

Per valutare il tempo di ritorno economico, si assumono i seguenti parametri:

- Costo unitario medio del gas metano: 0,683 €/m³ (C_{u,G});
- Investimento realizzato al netto degli incentivi del Conto Termico: 9.135 € (I_A);
- Risparmio combustibile: 11.772 m³/anno (R_{c,G}).

$$\text{Periodo di recupero non attualizzato } I_A = P_{na \Delta} = \frac{I_A}{C_{u,G} \cdot R_{c,G}} = \frac{9.135}{0,683 \cdot 11.772} = 2,2 \text{ anni}$$

La sostituzione delle lampade fluorescenti con le lampade a led, unitamente all'efficientamento dell'impianto termico e dell'involucro, permette un risparmio di energia elettrica di 11.772 kWh/anno.

Per valutare il tempo di ritorno economico, si assumono i seguenti parametri:

- Costo unitario medio dell'energia elettrica: 0,224 €/kWh (C_u);
- Investimento realizzato al netto degli incentivi del Conto Termico: 4.935 € (I);
- Risparmio vettore energetico: 11.772 kWh/anno (R_c)

$$\text{Periodo di recupero non attualizzato} = P_{na} = \frac{I}{C_u * R_c} = \frac{4.935}{0,224 \cdot 11.772} = 1,9 \text{ anni}$$

4.2.2 PROGETTO B

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- Intervento 1: installazione di valvole termostatiche ai terminali;
- Intervento 3: realizzazione del cappotto esterno con lastre di EPS di spessore 13 cm, sia dell'edificio scolastico sia dell'edificio adibito a mensa;
- Intervento 4: sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade a led.

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Indice di prestazione energetica EP _{tot}	Indice di prestazione energetica EP _{tot}
Riscaldamento	157,82 kWh/m ²	96,57 kWh/m ²
Illuminazione	28,61 kWh/m ²	12,42 kWh/m ²
	Consumo	Consumo
Metano	24.131 m ³ /anno	14.764 m ³ /anno
Energia elettrica	32.620 kWh/anno	20.535 kWh/anno

Gli interventi progettati sono rivolti al miglioramento delle prestazioni energetiche per il fabbisogno di riscaldamento e illuminazione. Si ottiene per il riscaldamento una diminuzione di 61,25 kWh/m², pari a un risparmio del 39%, mentre per l'illuminazione una diminuzione di 16,19 kWh/m², pari a un risparmio del 57%.

La realizzazione dei tre interventi consente secondo il modello di calcolo un risparmio di 9.367 m³/anno di gas (-39% rispetto allo stato di fatto) e di 12.085 kWh/anno di energia elettrica (-37% rispetto allo stato di fatto).

VERIFICHE DI LEGGE

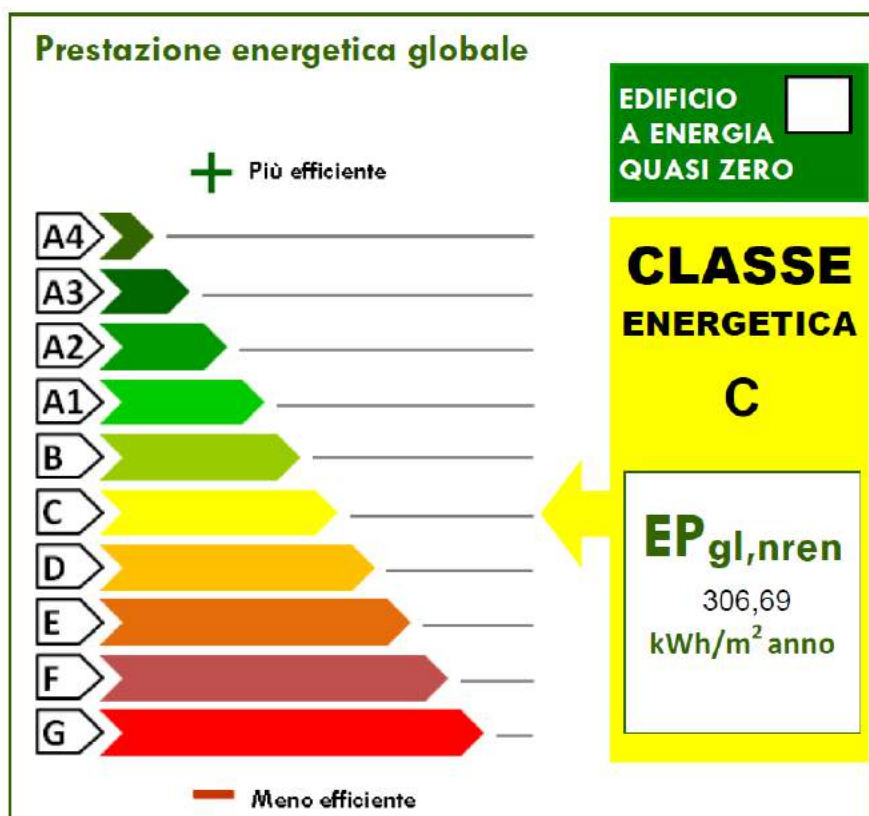
Il progetto degli interventi rientra nella categoria della ristrutturazione importante di secondo livello, ovvero riguarda una superficie disperdente compresa tra il 25% e il 50%. Il DDUO del 30 luglio 2015, n. 6480 prevede per questa classe di interventi le seguenti verifiche, applicate secondo i valori limite previsti a partire dal 1 gennaio 2017.

Tipo di verifica	Esito
Verifica termoisometrica	Positiva
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva
Trasmittanza media strutture opache	Positiva
Trasmittanza media strutture trasparenti	-
Fattore di trasmissione solare totale	-
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento	Positiva

Tutte le verifiche sono risultate positive.

CLASSE ENERGETICA CONSEGUITA

Gli interventi di efficientamento permettono di raggiungere la classe energetica C.



TEMPO DI RITORNO ECONOMICO

Per valutare il tempo di ritorno economico, si assumono i seguenti parametri:

- Costo unitario medio del gas metano: 0,683 €/m³ ($C_{u,G}$);
- Investimento realizzato al netto degli incentivi del Conto Termico: 102.349 € (I_B);
- Risparmio combustibile: 12.085 m³/anno ($R_{c,G}$).

$$\text{Periodo di recupero non attualizzato } I_B = P_{na B} = \frac{I_B}{C_{u,G} \cdot R_{c,G}} = \frac{102.349}{0,683 \cdot 12.085} = 16,0 \text{ anni}$$

La sostituzione delle lampade fluorescenti con le lampade a led, unitamente all'efficientamento dell'impianto termico e dell'involucro, permette un risparmio di energia elettrica di 12.085 kWh/anno.

Per valutare il tempo di ritorno economico, si assumono i seguenti parametri:

- Costo unitario medio dell'energia elettrica: 0,224 €/kWh (C_u);
- Investimento realizzato al netto degli incentivi del Conto Termico: 4.935 € (I);
- Risparmio vettore energetico: 12.085 kWh/anno (R_c)

$$\text{Periodo di recupero non attualizzato} = P_{na} = \frac{I}{C_u * R_c} = \frac{4.935}{0,224 \cdot 12.085} = 1,8 \text{ anni}$$

4.2.3 PROGETTO C

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- Intervento 1: installazione di valvole termostatiche ai terminali;
- Intervento 2: isolamento termico del solaio sottotetto che risulta accessibile dall'interno, limitatamente al solo blocco scolastico. Si propone la posa di 16 cm di lana di roccia;
- Intervento 3: realizzazione del cappotto esterno con lastre di EPS di spessore 13 cm, limitatamente al solo blocco scolastico;
- Intervento 4: sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade a led.

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
	Indice di prestazione energetica EP _{tot}	Indice di prestazione energetica EP _{tot}
Riscaldamento	157,82 kWh/m ²	102,76 kWh/m ²
Illuminazione	28,61 kWh/m ²	12,42 kWh/m ²
	Consumo	Consumo
Metano	24.131 m ³ /anno	15.713 m ³ /anno
Energia elettrica	32.620 kWh/anno	20.648 kWh/anno

Gli interventi progettati sono rivolti al miglioramento delle prestazioni energetiche per il fabbisogno di riscaldamento e illuminazione. Si ottiene per il riscaldamento una diminuzione di 55,06 kWh/m², pari a un risparmio del 35%, mentre per l'illuminazione una diminuzione di 16,19 kWh/m², pari a un risparmio del 57%.

La realizzazione dei quattro interventi consente secondo il modello di calcolo un risparmio di 8.418 m³/anno di gas (-35% rispetto allo stato di fatto) e di 11.972 kWh/anno di energia elettrica (-37% rispetto allo stato di fatto).

VERIFICHE DI LEGGE

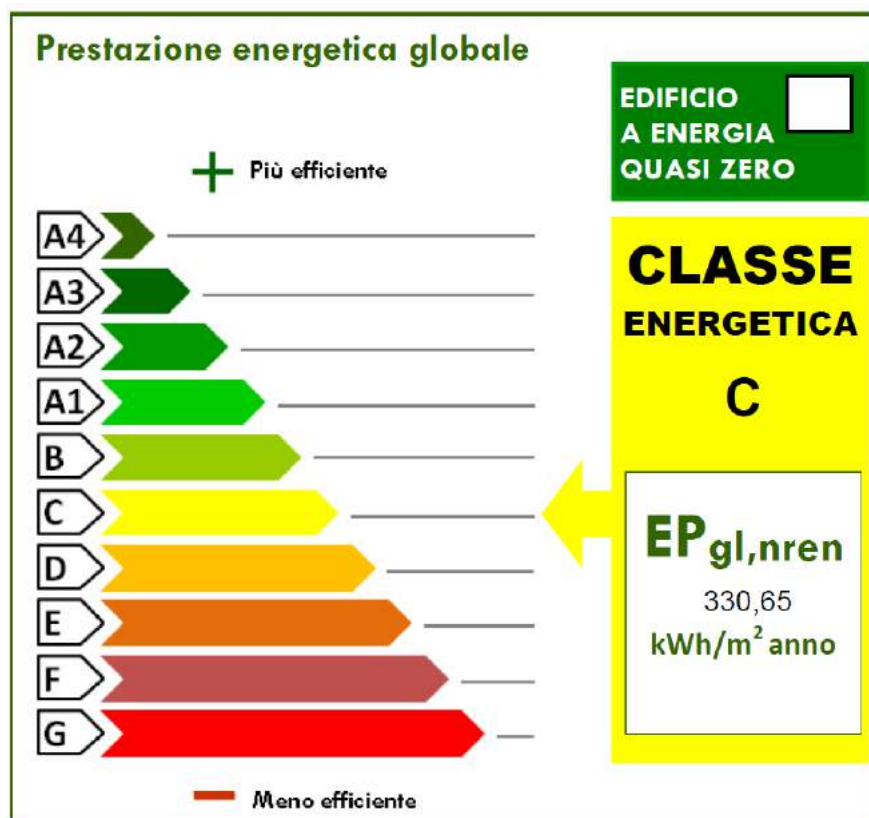
Il progetto degli interventi rientra nella categoria della ristrutturazione importante di secondo livello, ovvero riguarda una superficie disperdente compresa tra il 25% e il 50%. Il DDUO del 30 luglio 2015, n. 6480 prevede per questa classe di interventi le seguenti verifiche, applicate secondo i valori limite previsti a partire dal 1 gennaio 2017.

Tipo di verifica	Esito
Verifica termigrometrica	Positiva
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva
Trasmittanza media strutture opache	Positiva
Trasmittanza media strutture trasparenti	-
Fattore di trasmissione solare totale	-
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento	Positiva

Tutte le verifiche sono risultate positive.

CLASSE ENERGETICA CONSEGUITA

Gli interventi di efficientamento permettono di raggiungere la classe energetica C.



TEMPO DI RITORNO ECONOMICO

Per valutare il tempo di ritorno economico, si assumono i seguenti parametri:

- Costo unitario medio del gas metano: 0,683 €/m³ (C_{u,G});
- Investimento realizzato al netto degli incentivi del Conto Termico: 88.411 € (I_C);
- Risparmio combustibile: 9.367 m³/anno (R_{c,G}).

$$\text{Periodo di recupero non attualizzato } I_C = P_{na C} = \frac{I_C}{C_{u,G} \cdot R_{c,G}} = \frac{88.411}{0,683 \cdot 9.367} = 15,4 \text{ anni}$$

La sostituzione delle lampade fluorescenti con le lampade a led, unitamente all'efficientamento dell'impianto termico e dell'involucro, permette un risparmio di energia elettrica di 11.972 kWh/anno.

Per valutare il tempo di ritorno economico, si assumono i seguenti parametri:

- Costo unitario medio dell'energia elettrica: 0,224 €/kWh (C_u);
- Investimento realizzato al netto degli incentivi del Conto Termico: 4.935 € (I);
- Risparmio vettore energetico: 11.972 kWh/anno (R_c)

$$\text{Periodo di recupero non attualizzato} = P_{na} = \frac{I}{C_u * R_c} = \frac{4.935}{0,224 \cdot 11.972} = 1,8 \text{ anni}$$

5 Prospetto riepilogativo

Si riportano tre prospetti dove sono elencati i progetti proposti e le principali informazioni relative a ciascuno.

PROGETTO	INTERVENTI	CATEGORIA INTERVENTO	CLASSE ENERGETICA
A	1+2+4	< 50% sup. disperdente	classe C
B	1+3+4	< 50% sup. disperdente	classe C
C	1+2.1+3.1+4	< 50% sup. disperdente	classe C

PROGETTO	GAS			ENERGIA ELETTRICA			INVESTIMENTO TOT
	RISPARMIO ENERGETICO	INVESTIMENTO	TEMPO DI RIT. [anni]	RISPARMIO ENERGETICO	INVESTIMENTO	TEMPO DI RIT. [anni]	
A	25%	€ 9.135	2,2	36%	€ 4.935	1,9	€ 14.070
B	39%	€ 102.349	16,0	37%	€ 4.935	1,8	€ 107.284
C	35%	€ 88.411	15,4	37%	€ 4.935	1,8	€ 93.346

INTERVENTI	
1	Installazione di valvole termostatiche ai terminali
2	Isolamento termico del solaio sottotetto che risulta accessibile dall'interno. Si propone la posa di 16 cm di lana di roccia
2.1	Isolamento termico del solaio sottotetto che risulta accessibile dall'interno, relativamente al solo edificio scolastico. Si propone la posa di 16 cm di lana di roccia
3	Realizzazione di un isolamento a cappotto esterno tramite pannelli in EPS di spessore 13 cm
3.1	Realizzazione di un isolamento a cappotto esterno tramite pannelli in EPS di spessore 13 cm, relativamente al solo edificio scolastico
4	Sostituzione delle lampade fluorescenti lineari con lampade a led