



## COMUNE DI TREQUANDA

LAVORI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA DI PETROIO,  
UBICATA IN LOC. PETROIO, VIA SALIMBENI- COMUNE DI TREQUANDA (SI)  
*Progetto Esecutivo*

## RELAZIONE DI DIAGNOSI ENERGETICA



Siena, Marzo 2018

IL TECNICO  
Ing. Giovanni-Luca Giannuzzi  


# INDICE

<b>1</b>	<b>INFORMAZIONI GENERALI.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>STATO ATTUALE (ANTE).....</b>	<b>4</b>
2.1	CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DISPERDENTI (ANTE).....	4
2.2	ELABORAZIONE DATI E RISULTATI (ANTE) .....	7
<b>3</b>	<b>STATO MODIFICATO (POST).....</b>	<b>8</b>
3.1	CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DISPERDENTI (POST).....	8
3.2	ELABORAZIONE DATI E RISULTATI (POST) .....	11
<b>4</b>	<b>CONFRONTO.....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA.....</b>	<b>13</b>

## 1 INFORMAZIONI GENERALI

Si riportano di seguito le informazioni generali necessarie per procedere alle verifiche del consumo energetico dell'edificio:

- *Ubicazione*: Comune di TREQUANDA (SI)
- *Intervento relativo a*: "Ristrutturazione importante di 2° livello".
- *Classificazione dell'edificio*, in base alla categoria di cui all'art.3 del D.P.R. 412 del 26/08/93 e successive modifiche ed integrazioni: Scuola- E7;
- L'edificio rientra tra quelli di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico, ai fini dell'art.5, comma 15, del D.P.R. 412 del 26/08/93 e successive modifiche ed integrazioni (utilizzo delle fonti rinnovabili di energia) e dell'Allegato I, comma 14 del decreto legislativo.
- I gradi giorno del Comune dell'intervento sono 2115 GG, determinati in base al D.P.R. 412 del 26/08/93 e successive modifiche ed integrazioni.
- La Zona climatica in cui ricade l'opera in oggetto è "E", pertanto il periodo di riscaldamento previsto per legge è di giorni 183 e precisamente dal 15/10 al 15/4..
- La temperatura minima di progetto dell'aria esterna secondo norma UNI 5364 e successivi aggiornamenti è di -2.66 °C.
- Le temperature medie mensili determinate in base alla norma UNI 10349 sono le seguenti:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
3.7	4.4	7.8	12.2	15.5	19.0	22.2	21.4	17.5	12.6	8.5	5.3

- Le Umidità Relative medie mensili esterne determinate in base alla norma UNI 10349 sono le seguenti:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
92.6	83.8	79.7	79.3	72.0	74.4	52.4	70.4	75.1	88.4	90.8	98.2

## 2 STATO ATTUALE (ANTE)

Si riportano di seguito i risultati della diagnosi energetica dell'edificio scolastico in oggetto.

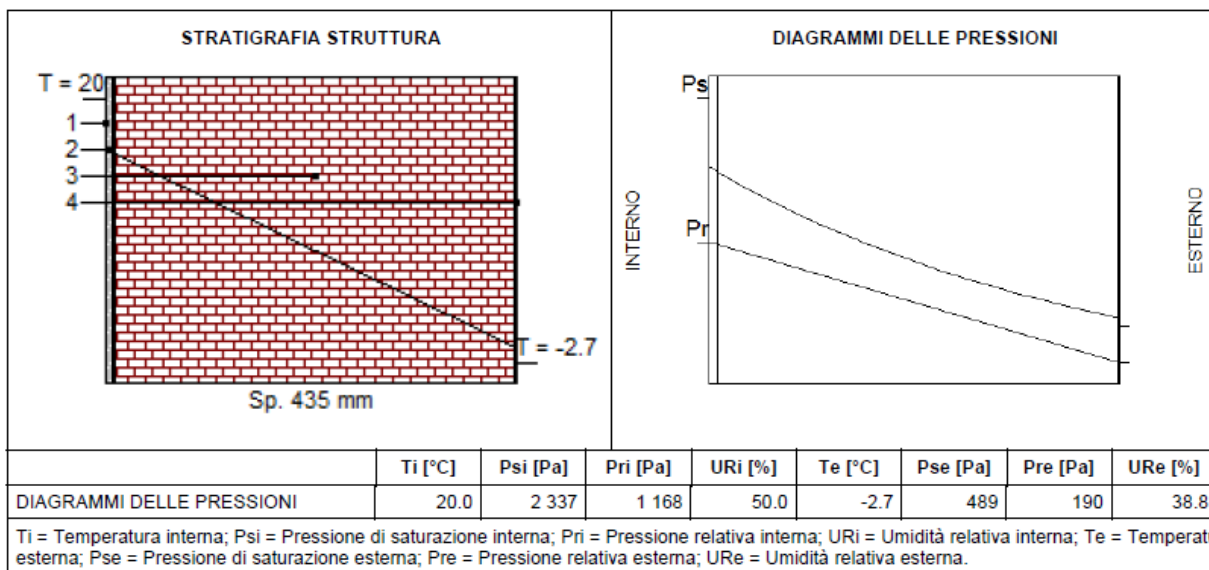
### 2.1 CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DISPERDENTI (ANTE)

Il fabbricato presenta elevate criticità dal punto di vista dell'efficienza energetica, soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche di performance termica (chiusure opache e chiusure trasparenti). Le pareti perimetrali sono in muratura, gli infissi sono senza taglio termico e con vetro singolo, la copertura in latero-cemento.

#### CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

**Codice Struttura:** C073-ANTE  
**Descrizione Struttura:** C073 Ante -Muratura originaria

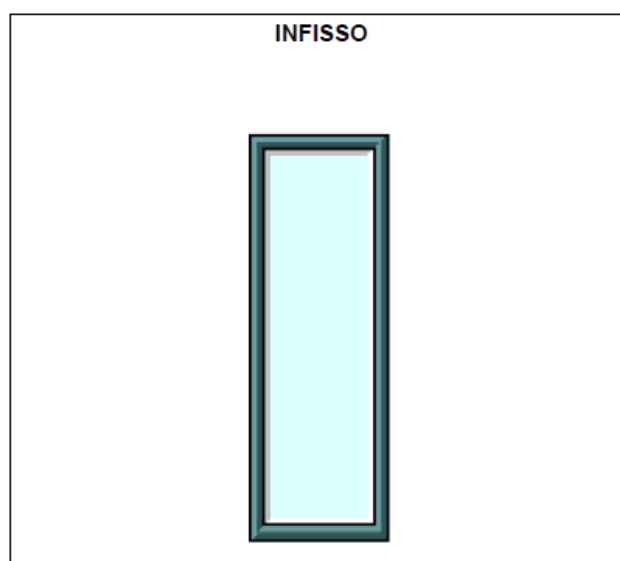
N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 <sup>12</sup> [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014
3	Blocchi pietrame spessore 425	425		2.000	765.00	20.570	840	0.500
4	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 0.684 m²K/W						TRASMITTANZA = 1.462 W/m²K		
SPESSORE = 435 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 65.336 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 765 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.21 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.15				SFASAMENTO = 12.85 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7969								
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 <sup>12</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..								



## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

**Codice Struttura:** C073 Finestra ANTE  
**Descrizione Struttura:** C073-ANTE Finestra senza taglio termico e vetro singolo  
**Dimensioni:** L = 0.60 m; H = 1.00 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m²]	Af [m²]	Lg [m]	Ug [W/m²K]	Uf [W/m²K]	kl [W/mK]	Uw [W/m²K]	Fg [-]
INFISSO	0.422	0.178	2.720	5.751	2.541	0.000	4.801	0.85
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Normativa; Ug: da Normativa								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



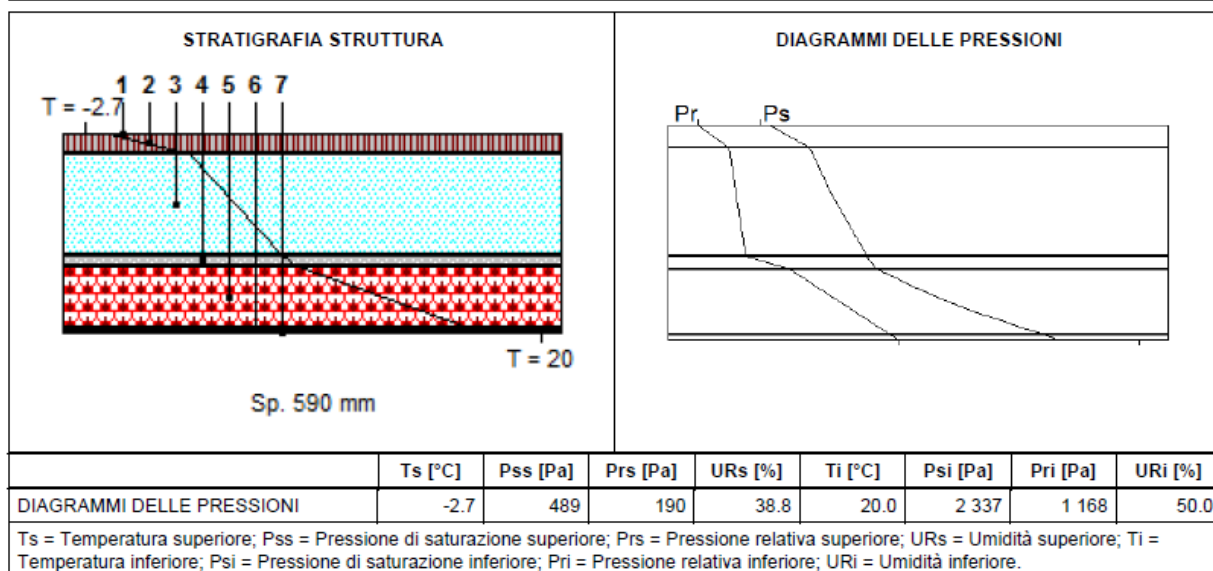
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2960
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m²K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m²K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m²K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m²K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.208 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	4.801 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	5.751 W/m²K

## CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

**Codice Struttura:** C073-ANTE cop  
**Descrizione Struttura:** C073 ANTE - Solaio di copertura con sottotetto

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 <sup>-12</sup> [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		25.000			0	0.040
2	Tavellone per strutture orizzontali (250*60*1200) spessore 60	60		7.143	37.00	20.570	840	0.140
3	Strato d'aria orizzontale (flusso ASCENDENTE) da 30 cm	300	1.875	6.250	0.39	193.000	1008	0.160
4	Malta di cemento.	35	1.400	40.000	70.00	8.500	1000	0.025
5	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	171.00	19.000	840	0.300
6	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
7	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100
RESISTENZA = 0.786 m²K/W						TRASMITTANZA = 1.272 W/m²K		
SPESSORE = 590 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA = 64.517 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 278 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.46 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.37				SFASAMENTO = 7.80 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7969								

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50\*10<sup>-12</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



## 2.2 ELABORAZIONE DATI E RISULTATI (ANTE)

### EODC: Petroio (C073)-ANTE

Edificio Pubblico o ad uso Pubblico	
Volume lordo	1 763.85 m³
Superficie lorda disperdente (1)	941.91 m²
Rapporto di Forma S/V	0.53 1/m
Volume netto	1 244.27 m³
Superficie netta calpestabile	311.07 m²
Altezza netta media	4.00 m
Superficie lorda disperdente delle Vetrate	50.38 m²
Capacità Termica totale	84 254.16 kJ/K
Periodo di riscaldamento	15 ott - 15 apr
Periodo di riscaldamento della Centrale Termica di riferimento	15 ott - 15 apr
Periodo di raffrescamento	3 lug - 23 ago
Periodo di raffrescamento della Centrale Termica di riferimento	3 lug - 23 ago
(1) Superficie lorda disperdente = superficie che delimita il volume lordo riscaldato verso l'esterno e verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento	

#### Centrale Termica: Centrale Termica

Zona	Impianto	Tipologia impianto
Aule scuola Materna	PRINCIPALE	Riscaldamento
Affollamento raro	PRINCIPALE	Riscaldamento

#### Risultati

Durata del periodo di riscaldamento	183 G
Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento	59 033.15 kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento	76 804.98 kWh
Fabbisogno di Energia Elettrica degli Ausiliari dell'impianto di Riscaldamento	220.76 kWh
Durata del periodo di raffrescamento	52 G
Fabbisogno di Energia Utile per Raffrescamento (solo involucro)	-1 209.86 kWh
Fabbisogno di Energia Termica per ACS	52.65 kWh

#### Calcolo di Potenza

Temperatura Esterna di Progetto	-2.66 °C
Dispersione MASSIMA per Trasmissione	27.08 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione	9.59 kW
Carico termico di Progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa)	44.13 kW

#### Dati Prestazione Energetica per la Certificazione

Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	3.889 kWh/m²anno
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	189.776 kWh/m²anno
Indice di Prestazione Energetica per RISCALDAMENTO - EPI	246.907 kWh/m²anno
Indice di Prestazione Energetica per ACS - EPacs (calcolo convenzionale)	0.299 kWh/m²anno
Classe Energetica Globale dell' EODC	G

### Tabella riepilogativa dei dati energetici principali

STATO ATTUALE	
<b>Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento - QPh</b>	76.804,98 (kWh/anno)
<b>EPI</b> (indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale)	246,91 (kWh/m².anno)
<b>Classe Energetica Globale</b>	G



### 3 STATO MODIFICATO (POST)

L'edificio è attualmente riscaldato da una caldaia a metano, non oggetto di sostituzione. Gli interventi in progetto mirano ad una riduzione di Epi – involucro, mediante cappotto interno, isolamento solaio di sottotetto ed installazione di infissi a taglio termico e vetrocamera basso-emissivo.

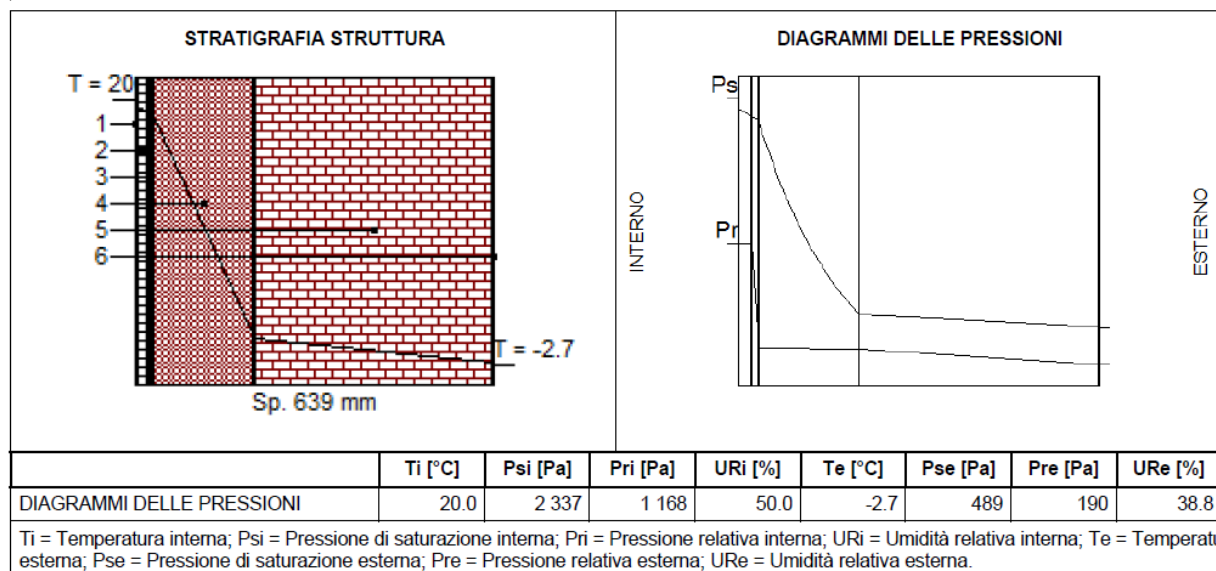
#### 3.1 CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DISPERDENTI (POST)

##### CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: C073 POST  
Descrizione Struttura: C073Post-Controparete isolata

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50°10¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Cartongesso in lastre	24	0.210	8.750	21.60	23.000	1000	0.114
3	Cartone bitumato.	10	0.230	23.000	11.00	0.075	1000	0.043
4	Pannello isolante in fibra di vetro ISHOLmineral 35	180	0.040	0.224	5.40	193.000	1000	4.467
5	Blocchi pietrame spessore 425	425		2.000	765.00	20.570	840	0.500
6	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 5.294 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.189 W/m²K		
SPESSORE = 639 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 29.657 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 803 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.01 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.05				SFASAMENTO = 16.81 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7969								

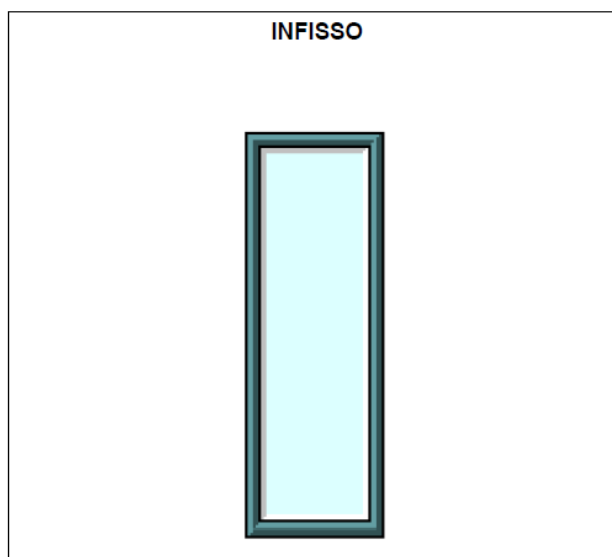
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50°10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza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





**Codice Struttura:** C073 Finestra POST  
**Descrizione Struttura:** C073-POST Finestra a termico e vetrocamera  
**Dimensioni:** L = 0.60 m; H = 1.00 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m²]	Af [m²]	Lg [m]	Ug [W/m²K]	Uf [W/m²K]	kl [W/mK]	Uw [W/m²K]	Fg [-]
INFISSO	0.422	0.178	2.720	0.600	1.280	0.110	1.300	0.50
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uf: fornita dal Produttore; Ug: fornita dal Produttore								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2960
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m²K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m²K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m²K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m²K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.769 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.300 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	0.600 W/m²K

**Codice Struttura:** C073-POST cop  
**Descrizione Struttura:** C073 POST - Solaio di copertura con sottotetto isolato

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 <sup>12</sup> [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		25.000			0	0.040
2	Tavellone per strutture orizzontali (250*60*1200) spessore 60	60		7.143	37.00	20.570	840	0.140
3	Strato d'aria orizzontale (flusso ASCENDENTE) da 30 cm	300	1.875	6.250	0.39	193.000	1008	0.160
4	Poliuretani espansi in situ - mv.37	130	0.029	0.221	4.81	4.690	1600	4.530
5	Malta di cemento.	35	1.400	40.000	70.00	8.500	1000	0.025
6	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	171.00	19.000	840	0.300
7	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
8	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100

RESISTENZA = 5.316 m²K/W

SPESSORE = 720 mm

TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.04 W/m²K

FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7969

CAPACITA' TERMICA AREICA = 59.970 kJ/m²K

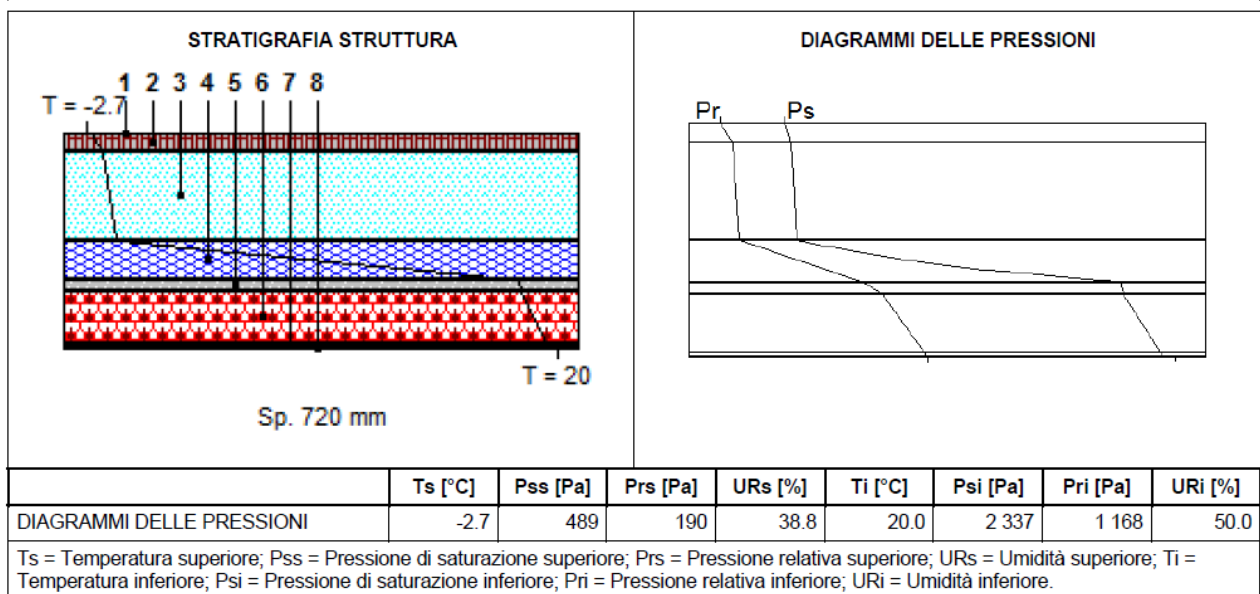
FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.20

TRASMITTANZA = 0.188 W/m²K

MASSA SUPERFICIALE = 283 kg/m²

SFASAMENTO = 10.69 h

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50\*10<sup>12</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..



## 3.2 ELABORAZIONE DATI E RISULTATI (POST)

### EODC: Petroio (C073)-POST

Edificio Pubblico o ad uso Pubblico	
Volume lordo	1 788.92 m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente (1)	950.44 m <sup>2</sup>
Rapporto di Forma S/V	0.53 1/m
Volume netto	1 244.27 m <sup>3</sup>
Superficie netta calpestabile	311.07 m <sup>2</sup>
Altezza netta media	4.00 m
Superficie lorda disperdente delle Vetrate	50.38 m <sup>2</sup>
Capacità Termica totale	74 407.94 kJ/K
Periodo di riscaldamento	15 ott - 15 apr
Periodo di riscaldamento della Centrale Termica di riferimento	15 ott - 15 apr
Periodo di raffrescamento	15 giu - 14 set
Periodo di raffrescamento della Centrale Termica di riferimento	15 giu - 14 set

(1) Superficie lorda disperdente = superficie che delimita il volume lordo riscaldato verso l'esterno e verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento

#### Centrale Termica: Centrale Termica

Zona	Impianto	Tipologia impianto
Aule scuola Materna	PRINCIPALE	Riscaldamento
Affollamento raro	PRINCIPALE	Riscaldamento

#### Risultati

Durata del periodo di riscaldamento	183 G
Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento	25 497.50 kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento	37 773.28 kWh
Fabbisogno di Energia Elettrica degli Ausiliari dell'impianto di Riscaldamento	87.69 kWh
Durata del periodo di raffrescamento	92 G
Fabbisogno di Energia Utile per Raffrescamento (solo involucro)	-1 371.93 kWh
Fabbisogno di Energia Termica per ACS	52.65 kWh

#### Calcolo di Potenza

Temperatura Esterna di Progetto	-2.66 °C
Dispersione MASSIMA per Trasmissione	9.95 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione	9.59 kW
Carico termico di Progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa)	27.01 kW

#### Dati Prestazione Energetica per la Certificazione

Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	4.410 kWh/m <sup>2</sup> anno
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	81.968 kWh/m <sup>2</sup> anno
Indice di Prestazione Energetica per RISCALDAMENTO - EPI	121.431 kWh/m <sup>2</sup> anno
Indice di Prestazione Energetica per ACS - EPacs (calcolo convenzionale)	0.299 kWh/m <sup>2</sup> anno
Classe Energetica Globale dell' EODC	D

#### Tabella riepilogativa dei dati energetici principali

STATO MODIFICATO	
<b>Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento - QPh</b>	37.773,28 (kWh/anno)
<b>EPI</b> (indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale)	121,43 (kWh/m <sup>2</sup> .anno)
<b>Classe Energetica Globale</b>	D

## 4 CONFRONTO

Dal confronto fra le analisi ANTE e POST interventi emergono i risultati di risparmio energetico inerenti il riscaldamento:

	<u>STATO ATTUALE</u>	<u>STATO MODIFICATO</u>	Risparmio energetico [%]
<b>Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento - QPh</b>	76.804,98 (kWh/anno)	37.773,28 (kWh/anno)	<b>-51%</b>
<b>EPI</b> (indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale)	246,91 (kWh/m <sup>2</sup> .anno)	121,43 (kWh/m <sup>2</sup> .anno)	<b>-51%</b>
<b>Classe Energetica Globale</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	

## **5 DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA**

Il sottoscritto Ing. Giovanni-Luca Giannuzzi, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Siena a n°715, essendo a conoscenza delle sanzioni previste dall'articolo 15, commi 1 e 2, del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 e s.m.i (di recepimento della Direttiva 2002/91/CE),

### **DICHIARA**

sotto la propria personale responsabilità che:

- a) il progetto relativo alle opere di cui sopra è rispondente alle prescrizioni contenute del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 e s.m.i. nonché dal decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005;
- b) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

Siena, Marzo 2018

IL TECNICO

Ing. Giovanni-Luca Giannuzzi