



Finanziato
dall'Unione Europea
NextGenerationEU



comune di
PRATO

OGGETTO:

PNRR M4-C1-I 1.2:

**"Piano di estensione del tempo pieno e mense" -
Riqualificazione architettonica, strutturale e
impiantistica della mensa della scuola dell'infanzia
e primaria Pietro Mascagni, via A. Toscanini n. 6**

PROGETTO ESECUTIVO

Servizio: **PU EDILIZIA SCOLASTICA E SPORTIVA**

Unità Operativa: **U.O.C. EDILIZIA SCOLASTICA**
Piazza Mercatale, 31 - 59100 Prato (PO)

Dirigente: **Arch. Laura Magni**

Responsabile Unico del Progetto: **Arch. Diletta Moscardi**

PROGETTO

engineering projects s.r.l.

servizi integrati per l'ingegneria e l'architettura

piazza Europa n° 2 - 59100 PRATO

tel: 0039 0574 603406 fax: 0039 0574 965716

e-mail: infonet@engpro.it p.IVA e c.f. 01637040971

Progetto architettonico:

Progetto strutturale:

Progetto impiantistico:

Coordinamento della sicurezza

in fase di progettazione:

Ing. Pietro Carmagnini

ELABORATO

ELABORATI GENERALI

**RELAZIONE SPECIALISTICA DI DIAGNOSI
ENERGETICA**

ID ELABORATO

004. PE-GEN-04

Data prima emissione:	10/07/2023	Scala :
Rev. corrente:	Descrizione:	Data:
00	-	-



© Copyright Comune di Prato - Servizio PU Edilizia Scolastica e Sportiva
è vietata la riproduzione anche parziale del documento

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i. e rispettive norme
collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa

0. INDICE

0. INDICE	1
1. PREMESSA	3
2. PRESENTAZIONE GENERALE DEL SITO	4
3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO	5
3.1. INVOLUCRO	5
3.1.1 Pareti Verticali.....	6
3.1.2 Coperture	6
3.1.3 Solai intermedi	7
3.1.4 Solai inferiori.....	7
3.1.5 Serramenti e chiusure verticali trasparenti.....	7
3.2. SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE/ESTIVA E PRODUZIONE ACS	8
3.2.1 Impianto di riscaldamento	8
3.2.2 Impianto centralizzato - generatore di calore	9
3.2.3 Impianto aeraulico controllato.....	10
3.2.4 Impianto di climatizzazione estiva.....	11
4. SIMULAZIONE ENERGETICA – STATO ATTUALE	12
4.1. MODELLO ENERGETICO	12
4.2. RISULTATI SIMULAZIONE ALLO STATO ATTUALE	12
5. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	14
5.1. INDIVIDUAZIONE DELLE POTENZIALI AREE D'INTERVENTO	14
5.2. INTERVENTI SULL'INVOLUCRO	14
5.3. INTERVENTI SUGLI IMPIANTI MECCANICI	14
5.4. INTERVENTI SUGLI IMPIANTI ELETTRICI	15
5.5. MONITORAGGIO DEI CONSUMI	15
5.6. UTILIZZO DI FONTI RINNOVABILI	16
6. SIMULAZIONE ENERGETICA – STATO DI PROGETTO	16
6.1. RISULTATI SIMULAZIONE ALLO STATO DI PROGETTO	16
6.2. SCENARI DI INTERVENTO	16
7. CONCLUSIONI	18
8. CONFRONTO DELLA RISPOSTA TERMICA DELL'EDIFICIO ALLO STATO ATTUALE E ALLO STATO DI PROGETTO	19
9. ALLEGATI	20

1. PREMESSA

L'oggetto della presente relazione è la scuola dell'infanzia e primaria "Pietro Mascagni" sita in Via Arturo Toscanini n. 6, in località San Paolo nel comune di Prato (PO).

L'obiettivo del presente studio è lo svolgimento di un'attività di analisi finalizzata a definire lo stato di fatto dell'edificio e **in particolare dei locali adibiti a mensa e relativi servizi**, sotto il profilo energetico - prestazionale e successivamente individuare gli interventi di riqualificazione energetica utili a promuovere un miglioramento dell'efficienza energetica dello stesso, con particolare attenzione a quelli che risultano economicamente più convenienti.

A seguito di un'analisi energetica della porzione di fabbricato indagata allo stato attuale sono stati diagnosticate una serie di criticità che gli interventi proposti mirano a risolvere in modo da ridurre sia i consumi del fabbricato che aumentare il comfort climatico degli ambienti interni interessati dall'intervento

Per attuare l'analisi dello stato attuale è stata adottata la seguente metodologia:

- **Sopralluoghi** presso il fabbricato per le opportune verifiche dimensionali;
- **Acquisizione delle valutazioni di comfort interno** direttamente dal personale che utilizza o frequenta i locali esaminati;
- **Analisi della documentazione** reperita presso gli uffici comunali competenti, utile alla caratterizzazione energetica del fabbricato;
- Modellazione energetica del fabbricato con l'ausilio del software ACCA TerMus versione 52, per ottenere informazioni sulla risposta dell'involucro, sia per la stagione di riscaldamento che di raffrescamento, e l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;

Per le porzioni di fabbricato indagate sono state fornite le tavole "as built" delle strutture e degli impianti, nonché una relazione energetica ex L.10/1991 redatta in precedente, dove è stato possibile reperire le caratteristiche degli elementi dell'involucro edilizio.

2. PRESENTAZIONE GENERALE DEL SITO

L'edificio in esame, realizzato tra il 1989 ed il 1991, presenta una forma quadrata elevata su due piani, con i locali scolastici e di servizio che si articolano attorno ad un ampio spazio centrale a doppio volume (~ 426 m² di superficie), concepito come "piazza



interna coperta" e il quale risulta adibito a locale mensa con relativi servizi.

Inquadramento – Ortofoto Regione Toscana 2021

DATI GEOGRAFICI	
Comune	Prato (PO)
Altitudine	52 m s.l.m.
Latitudine Nord	43° .8832
Longitudine Est	11° .0731
CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	
Zona Climatica	D
Temperatura esterna di progetto	0.0 °C
Gradi Giorno	1 668 GG
Durata convenzionale periodo di riscaldamento	1° nov – 15 apr (166 giorni)
CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	
Temperatura esterna bulbo asciutto	32.5 °C
Temperatura esterna bulbo umido	24.2 °C
Umidità relativa	50 %
Escursione termica giornaliera	12.5 °C

Le strutture principali sono in C.A. a telai gettati in opera e solai in latero-cemento; la copertura rialzata del doppio volume invece è realizzata con travi reticolari e arcarecci d'acciaio, con pannellature metalliche coibentate a completare l'involucro.

Le tamponature esterne del fabbricato sono realizzate in muratura di blocchi in conglomerato di aggregati leggeri (tipo argilla espansa).

3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO

La caratterizzazione energetica del sistema edificio-impianto consiste nel ricostruire il comportamento energetico dell'involucro edilizio (opaco e trasparente) in relazione al contesto climatico in cui è inserito e con il quale interagisce, oltre a tener conto delle grandezze che influenzano i consumi specifici quali le condizioni di esercizio, gli affollamenti, i profili di utilizzo dell'edificio e degli impianti.

Il presente paragrafo riporta una descrizione approfondita del sistema "edificio-impianto", da cui partire per analizzarne il comportamento.

Si precisa che il volume considerato per la valutazione delle prestazioni energetiche dell'edificio sarà unicamente quello corrispondente all'area di intervento, ovvero della mensa e dei locali di servizio annessi.

Nella tabella che segue si riportano le principali caratteristiche dimensionali dell'edificio oggetto di diagnosi:

DATI CARATTERISTICI INTERA SCUOLA	
VOLUME LORDO RISCALDATO	15.610 m ²
DATI CARATTERISTICI VOLUME CONSIDERATO	
Superficie lorda disperdente	1.219,09 m ²
Superficie lorda riscaldata	586,90 m ²
Superficie netta riscaldata	531,73 m ²
Volume lordo riscaldata	3.698,59 m ³

3.1. INVOLUCRO

Attraverso la documentazione resa disponibile dal committente, integrata dai dati reperiti direttamente dal personale tecnico nel corso dei sopralluoghi in sito, è stato definito, con la maggiore accuratezza possibile in relazione all'accessibilità dei luoghi e dei singoli componenti, lo stato di fatto delle strutture opache e trasparenti disperdenti, con la valutazione della trasmittanza termica degli elementi.

In particolare, si sono identificate le caratteristiche termofisiche delle partizioni di separazione del locale mensa e dei suoi locali di servizio con l'esterno.

Di seguito si analizzano gli elementi edilizi disperdenti della porzione di edificio analizzato.



Viste delle partizioni verticali e orizzontali disperdenti della mensa e dei locali di servizio

3.1.1 Pareti Verticali

La mensa confina con l'esterno in corrispondenza della copertura metallica rialzata ed è provvista di pareti di tamponamento esterne di spessore pari a circa 33 cm, costituite da una doppia cortina di muratura a blocchi di conglomerato di aggregati leggeri ed interposta un'intercapedine in materiale isolante; della stessa tipologia sono costituite le pareti verso l'esterno disposte ai lati dell'attuale locale sporzionamento e le pareti del locale stesso.

Le tramezzature interne che separano la mensa dai corridoi sono realizzate con la stessa tipologia di blocchi, ma a singolo paramento e fino ad un'altezza di circa 120cm, oltre la quale sono elevate vetrate a lastra singola con infissi in alluminio. Tali pareti comunque non separano locali a differenti condizioni di progetto.

PARETE 1 – blocchi argilla espansa 33cm				
#	STRATO	SP. [mm]	λ [W/m ² K]	R [m ² K/W]
-	Adduttanza interna	-	7,7000	0,13
1	Blocchi di argilla espansa	100	3,7200	0,2688
2	Coibentazione in poliuretano	30	0,9333	1,0714
3	Blocchi di argilla espansa	200	1,8600	0,5376
-	Adduttanza esterna	-	25,000	0,04
TOTALI		330		2,0478
TRASMITTANZA TERMICA COMPLESSIVA			0.4883 W/m²K	

3.1.2 Coperture

Come già anticipato, il locale mensa, che si eleva in doppio volume, presenta una copertura rialzata rispetto a quella principale del fabbricato (impalcato piano in laterocemento finito con guaina impermeabilizzante) e realizzata con pannellature coibentate a doppio strato di lamiera, sostenute da arcarecci e travi reticolari d'acciaio, e rivestite superiormente con guaina impermeabilizzante.

La pannellatura (sp. coibentazione 50mm) si presenta senza grossi danni nella finitura superficiale ma parzialmente degradata nello strato di isolamento.

COPERTURA 1 – pannellature in doppia lamiera coibentate 5cm				
#	STRATO	SP. [mm]	λ [W/m ² K]	R [m ² K/W]
-	Adduttanza esterna	-	25,000	0,0400
1	Lamiera in acciaio	6/10	26.000,00	0,0000
2	Coibentazione in PUR/PIR	50	0,5600	1,7857
3	Lamiera in acciaio	6/10	26.000,00	0,0000
-	Adduttanza esterna	-	10,000-	0,1000
TOTALI		52		1,9258
TRASMITTANZA TERMICA COMPLESSIVA			0,5193 W/m²K	

3.1.3 Solai intermedi

Il solaio intermedio tra piano terra e piano primo è in laterocemento di spessore strutturale pari a 20+4 cm su travi in spessore;

In corrispondenza del locale sporzionamento il solaio di piano primo è prolungato oltre il volume riscaldato e dunque rappresenta per il locale suddetto una copertura disperdente verso l'esterno; l'impalcato strutturale è completato tramite massetto e pavimentazione per uno spessore complessivo pari a circa 30 cm.

Si omettono le caratteristiche termofisiche.

SOLAIO INTERMEDIO 1 – latero-cemento pavimentato 30cm				
#	STRATO	SP. [mm]	λ [W/m ² K]	R [m ² K/W]
-	Adduttanza esterna	-	25,000	0,0400
1	Pavimentazione	10	86,666	0,0115
2	Massetto in cls	40	26,500	0,0377
3	Solaio latero-cemento 20+4cm	225	1,666	0,6000
4	Intonaco	10	70,000	0,0143
-	Adduttanza esterna	-	10,000	0,0100
TOTALI		290		1,2445
TRASMITTANZA TERMICA COMPLESSIVA				0.8036 W/m²K

3.1.4 Solai inferiori

Il solaio di piano terra è realizzato come l'impalcato intermedio verso il terreno.

SOLAIO CONTROTERRA 1 – latero-cemento pavimentato 30cm				
#	STRATO	SP. [mm]	λ [W/m ² K]	R [m ² K/W]
-	Adduttanza esterna	-	5,9000	0,1700
1	Pavimentazione	30	49,0000	0,0204
2	Massetto	30	35,3333	0,0283
3	Soletta piana laterocemento	225	1,6667	0,6000
4	cls	40	47,7250	0,0210
5	Strato aria	200	6,2500	0,1600
6	cls	40	14,5188	0,0689
-	Adduttanza esterna	-	5,9000	0,1700
TOTALI		605		1,2375
TRASMITTANZA TERMICA COMPLESSIVA				0.8081 W/m²K

3.1.5 Serramenti e chiusure verticali trasparenti

Verso l'esterno sono presenti le finestre nelle pareti di rialzo della copertura metallica, costituite da infissi marca SCHUCO in alluminio e vetrocamere singole; a piano terra sono

poi presenti due porte di uscita di emergenza di più recente installazione e caratterizzate da idonee caratteristiche termofisiche.

Dal locale sporzionamento è presente una porta con vetro dello stesso tipo delle finestre e dotata di sopra-luce; inoltre sono presenti anche 3 finestre dello stesso tipo.

La copertura del doppio volume è dotata, in posizione centrale, di una struttura vetrata singola lastra non apribile a capanna che garantisce l'illuminazione naturale del locale mensa assieme alle finestre a nastro laterali.

I risultati dei rilievi sono riassunti nella tabella sottostante.

SERRAMENTO	TIPO	SUP.	QUANTITÀ	SUP. TOTALE
	-	m ²	n°	m ²
FINESTRE MENSA ALTE 01 (laterali)	ALU + VETROCAMERA	0.84	16	13.44
FINESTRE MENSA ALTE 02 (centrali)	ALU + VETROCAMERA	0.64	4	2.56
FINESTRE SPORZIONAMENTO 01	ALU + VETROCAMERA	0.72	4	2.88
PORTE D'INGRESSO SPORZIONAMENTO 01	ALU + VETROCAMERA	1.98	1	1.98
PORTE D'EMERGENZA 01	PVC + VETROCAMERA HP	3.96	2	7.92

3.2. SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE/ESTIVA E PRODUZIONE ACS

3.2.1 Impianto di riscaldamento

L'intero complesso scolastico è servito da un impianto centralizzato di produzione del calore a gas metano che serve, tramite un collettore di mandata ed uno di ritorno, 5 circuiti di distribuzione separati:

- Circuito Radiatori Palestra
- **Circuito Radiatori Scuola**
- Circuito UTA Palestra
- **Circuito UTA – Aria Primaria Scuola**
- Circuito Bollitore per ACS

Il locale mensa oggetto della presente relazione risulta servito principalmente dall'UTA posizionata in copertura e dotata di corrispondenti canalizzazioni interne di mandata e ripresa, oltre a due ventilconvettori posizionati ai lati di uno dei vani scale interni e serviti dal circuito radiatori scuola, a cui risulta connesso anche il radiatore presente nel locale sporzionamento (che vede installato localmente anche uno scaldacqua per ACS).

Le distribuzioni d'aria e i relativi elementi di diffusione e ripresa dell'impianto aeraulico sono in metallo e si presentano in buone condizioni di conservazione seppure soggetti a continui depositi di polveri ambiente la cui rimozione mediante interventi di manutenzione e pulizia programmata non è di agevole attuazione a causa della loro collocazione in posizione elevata rispetto al pavimento,

per via della scarsa raggiungibilità dovuta all'altezza;

Le dotazioni impiantistiche esistenti a servizio dei locali interessati dall'intervento sono i seguenti: Impianto centralizzato con generatore a metano per la produzione di acqua calda tecnica e unità di trattamento aria primaria a servizio esclusivo dell'area mensa.

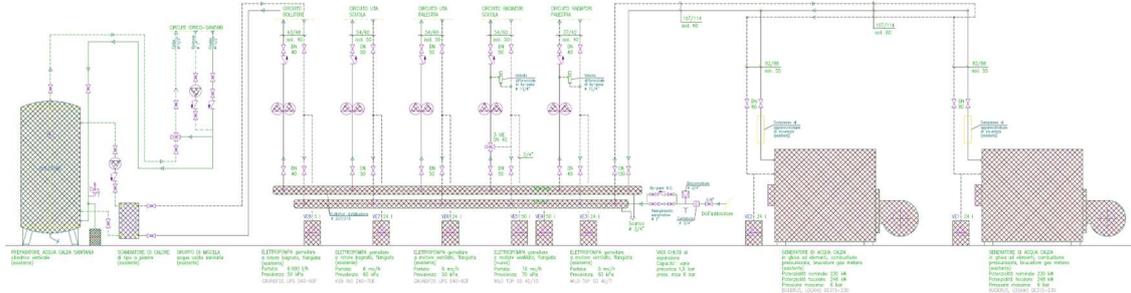
3.2.2 Impianto centralizzato - generatore di calore

In particolare, i dati essenziali del generatore di calore sono i seguenti:

CENTRALE TERMICA	LOCALIZZAZIONE	GENERATORI	UTENZE SERVITE
Centrale Termica 1	Locale tecnico adiacente la palestra	2 x Caldaie in ghisa a metano: pot. 2 x 230 kW	<ul style="list-style-type: none"> • Circuito Radiatori Palestra • Circuito Radiatori Scuola • Circuito UTA Palestra • Circuito UTA Scuola • Circuito Bollitore per ACS

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche dei generatori:

DATI TECNICI GENERATORI DI CALORE	FOTO	
N° caldaie in centrale	2	
Marca e modello caldaie	BUDERUS, Logano GE315-230	
Tipologia	<input checked="" type="checkbox"/> Tradizionale <input type="checkbox"/> Condensazione	
Potenza termica utile	-	
Potenza termica nominale	2x 230 kW	
Potenza termica utile minima	-	
Potenza termica nominale minima	-	
Rendimento al 100% del carico	93.4 – 92.7 %	
Rendimento al 30% del carico	96.2 – 95.8 %	
Anno di installazione	2009	



Tipologia di bruciatore	A GAS METANO	
Marca e modello bruciatore	RIELLO RS 28	
STATO DI ESERCIZIO		
OBSOLETO	SUFFICIENTE	PERFORMANTE
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nelle seguenti figure si riportano gli schemi funzionali della centrale termica e delle sottocentrali:

Schemi funzionamento IMPIANTI ESISTENTI

3.2.3 Impianto aeraulico controllato

L'UTA esterna, presenta vistosi segni di degrado dovuta all'ossidazione esterna dei componenti metallici dando anche evidenti segni di funzionamento non adeguato ai livelli prestazionali richiesti. Per questi motivi, l'ufficio preposto alla gestione delle dotazioni impiantistiche ha rinunciato da tempo al suo utilizzo evitandone la messa in funzione.

Il corretto funzionamento dell'UTA rappresenta un aspetto di rilievo, in quanto la ventilazione del locale adibito a mensa doveva essere garantita avvenire in modalità combinata tramite l'apporto meccanico controllato sia da parte dell'UTA esterna che dall'eventuale apertura delle finestre a nastro posizionate in alto (tramite interruttori azionabili a piano terra).

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche dell'Unità di Trattamento Aria (UTA) installata, con indicazioni che riguardano i locali serviti, la collocazione delle macchine, la marca, la portata, il tipo di funzionamento, evidenziando quelle in funzione durante i sopralluoghi effettuati.

Gli impianti di condizionamento e climatizzazione dell'aria possono divenire, in caso di scarsa o inadeguata manutenzione, fonte di diffusione di microrganismi potenzialmente patogeni che ivi trovano condizioni ideali di sviluppo.

La qualità dell'aria negli ambienti indoor in genere, dal punto di vista chimico, fisico e biologico è strettamente correlata alla qualità dell'aria esterna, al tipo di ambiente considerato, alle persone eventualmente presenti e all'efficienza dei sistemi di aerazione. L'uomo, gli animali, gli arredi, la polvere e gli impianti di condizionamento, se non correttamente gestiti, sono sicuramente tra le principali fonti di contaminazione microbiologica.



Per i motivi sopra riportati riteniamo opportuno un intervento di bonifica e sanificazione dell'impianto aerulico esistente, oltre a prevedere adeguati piani di manutenzione, di pulizia e sanificazione per garantire nel tempo un microclima interno al locale mensa favorevole.

TIPO	Portata	A servizio	Collocazione	Ore/giorno funzionam.	Giorni	IN FUNZ.
UTA SCUOLA	8700 m ³ /h	Locale mensa	Estradosso copertura piana scuola	-	-	NO

Dati principali U.T.A.

Principali canalizzazioni di mandata e ripresa dell'aria climatizzata di ventilazione

3.2.4 Impianto di climatizzazione estiva

Attualmente la mensa non risulta servita da alcun impianto per la climatizzazione estiva.

4. SIMULAZIONE ENERGETICA – STATO ATTUALE

4.1. MODELLO ENERGETICO

Il modello energetico per la valutazione dei fabbisogni e dei consumi di energia è stato realizzato sulla base del volume della mensa, comprensivo di locale sporzionamento, ipotizzando come pareti disperdenti quelle che separano tale area dai corridoi e i locali interni della scuola, servizi igienici compresi, data la condizione operativa di tali porzioni di edificio (infatti anche corridoi e servizi igienici risultano serviti dai radiatori e dunque si considerano a tutti gli effetti locali riscaldati a temperatura di progetto).

Di fatto le uniche superfici disperdenti verso zone a temperatura più bassa sono:

- Il solaio di piano terra (non direttamente contro terra ma realizzato su fondazioni a travi rovesce, presumibilmente senza riempimento di terreno)
- Le pareti del locale di sporzionamento (il quale attualmente e nella configurazione di progetto risulta climatizzati).
- La copertura rialzata verso l'esterno, comprese murature laterali dotate di infissi e lucernario centrale

4.2. RISULTATI SIMULAZIONE ALLO STATO ATTUALE

Si analizza dunque la risposta delle porzioni di edificio interessate dall'intervento, nella configurazione stato attuale. **Nell'allegato A** - Stato di Progetto, sono presenti tabulati relativi alle verifiche di efficientamento energetico, indice di prestazione, fabbisogni, schede di prestazione energetica e schede tecniche delle superfici disperdenti. La simulazione e le verifiche di legge sono state effettuate con il Programma Acca Termus v. 52.00e.

Nella seguente tabella si riporta la suddivisione mensile dei consumi termici in Sm³ di metano:

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT
INVOLUCRO kWh													
Q _h TR	11'922.8	9'330.3	8'293.7	3'189.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9'121.5	11'461.4	53'319.0
Q _h VE	0.0	0.0	0.0	32.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.2
Q _h SOL	846.9	1'126.4	1'602.5	770.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	473.4	754.3	5'574.3
Q _h INT	1'582.4	1'429.3	1'582.4	765.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1'531.4	1'582.4	8'473.7
Q _{h,nd}	9'523.9	6'826.1	5'214.5	1'811.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7'145.8	9'153.9	39'676.1
Q _{h,rif}	16'452.1	12'261.6	10'220.9	3'728.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12'333.3	15'829.2	70'825.6
IMPIANTO kWh													
Q _l r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q _{h_imp}	9'523.9	6'826.1	5'214.5	1'811.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7'145.8	9'153.9	39'676.1
Q _l Ah	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q _l Eh	194.4	139.3	106.4	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.8	186.8	809.7
E _t Ah	0.98	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.98	0.98
Q _l Rh	2'000.7	1'863.1	1'995.7	840.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1'600.2	1'924.0	10'224.2
E _t Rh	0.83	0.79	0.73	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.82	0.83	0.80
Q _l Dh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E _t Dh	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q _l STout	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q _l GNh	4'612.2	3'761.7	3'643.9	1'271.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3'785.8	4'495.7	21'584.1
E _t GNh	0.87	0.86	0.85	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86
Q _h GNin	34'362.3	26'736.6	23'990.3	6'316.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26'178.6	33'133.4	150'731.6
Q _x h	1'436.1	1'300.2	1'447.1	705.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1'401.5	1'438.3	7'729.1
Q _x hPV	1'436.1	1'300.2	1'447.1	705.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1'401.5	1'438.3	7'728.4
FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA [kWh]													
RINN	1'436	1'300	1'447	705	0	0	0	0	0	0	1'402	1'438	7'728
NON RINN	36'080	28'073	25'190	6'633	0	0	0	0	0	0	27'488	34'790	158'254
TOT	37'516	29'374	26'637	7'338	0	0	0	0	0	0	28'889	36'228	165'982
COMBUSTIBILI													
Metano	3'636.2	2'829.3	2'538.7	668.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2'770.2	3'506.2	15'950.4

Legenda

Dispersioni
 Apporti gratuiti
 Fabbisogni
 Perdite sottosistemi
 Efficienze medie
 Consumi

Q_hTR: Trasmissione - Q_hVE: Ventilazione
 Q_hSOL: Apporti solari - Q_hINT: Apporti interni sensibili
 Q_{h,nd}: Energia termica utile per riscaldamento - Q_{h,rif}: Energia termica utile in condizioni di riferimento - Q_{h_imp}: Fabbisogno all'impianto - Q_xh: Energia elettrica
 Q_lRh: Perdite totali recuperate - Q_lAh: Accumulo - Q_lEh: Emissione - Q_lRh: Regolazione - Q_lDh: Distribuzione - Q_lGNh: Generazione
 E_tAh: Emissione - E_tRh: Regolazione - E_tDh: Distribuzione - E_tGNh: Generazione
 Q_hGNin: Fabbisogno di energia in ingresso alla generazione - Q_lSTout: Energia da solare termico - Q_xhPV: Energia elettrica da fotovoltaico

5. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

5.1. INDIVIDUAZIONE DELLE POTENZIALI AREE D'INTERVENTO

Sulla base dei risultati dell'analisi dello stato attuale sono stati individuati una serie di interventi da effettuarsi sull'involucro edilizio con riferimento area mensa comprensiva di locale sporzionamento, ipotizzando come sempre pareti disperdenti quelle che separano tale area dai corridoi e i locali interni della scuola, servizi igienici compresi, e finalizzando il risultato al miglioramento del confort interno oltre che al rispetto delle prescrizioni igienico sanitarie previste per le destinazioni d'uso esistenti.

In sintesi:

1. Interventi di efficientamento energetico in corrispondenza delle partizioni esterne disperdenti che delimitano in parte il locale mensa;
2. Sostituzione dell'impianto di trattamento aria primaria a servizio del locale mensa e miglioramento del funzionamento della rete aeraulica.

5.2. INTERVENTI SULL'INVOLUCRO

Gli interventi individuati possono essere così sintetizzati:

- Inserimento in corrispondenza dell'estradosso della copertura esistente di una sovrastruttura di isolamento composto da semplici pannelli in EPS con grafite avente uno spessore massimo pari a 80 mm che consentono di abbassare la trasmittanza globale dell'intero solaio di coperture a $0,204 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
- Sostituzione dell'esistente sistema di illuminazione zenitale con nr. 6 lucernari in grado di garantire un equivalente livello di illuminazione esterna; gli infissi zenitali, composti da lastre multiple di policarbonato alveolare a camere interposte, saranno dotati di una trasmittanza totale pari o inferiore a $1,735 \text{ W}/\text{mqK}$ e fattore di trasmissione solare pari a circa 0,60.
- Sostituzione infissi in corrispondenza delle pareti verticali prossime alla copertura del locale mensa con finestre composte da telaio in alluminio a taglio termico, vetro basso emissivo 6/7-16-6/7 e dotate di una trasmittanza totale pari a circa $1,35 \text{ W}/\text{mqK}$ inferiore al limite normativo di $1,67 \text{ W}/\text{mqK}$.

5.3. INTERVENTI SUGLI IMPIANTI MECCANICI

- Sostituzione dell'esistente Unità di Trattamento Aria Primaria a servizio del Locale Mensa, con un sistema autonomo composto da una Unità UTA Monoblocco con caratteristiche di portata massima pari a $10.000,00 \text{ mc}/\text{h}$, superiore rispetto alle attuali, e dotata di Recuperatore di Calore Rotativo ad alta Efficienza, abbinata ad una Pompa di C reversibile Aria-Aria funzionante con gas R32, che consente

il completo distacco dalla obsoleta rete acqua - calda proveniente dalla esistente centrale termica, dotata di generatori a metano, che peraltro risulta collocata a circa 40 mt. dall'area in cui è collocato l'impianto UTA.

- Miglioramento del sistema di recupero aria interna mediante il riposizionamento delle griglie di ripresa favorendo il lavaggio dell'ambiente da parte dell'aria di mandata.
- Sostituzione dei diffusori di mandata con modelli con effetto induttivo ad induzione I diffusori finora trattati fanno riferimento nella quasi totalità a condizioni di carichi estivi o neutri (isotermi), mentre nel caso sia richiesto anche la funzionalità di riscaldamento non tutti i prodotti sono oggi in grado di rispondere in modo positivo a questa esigenza. Il getto di aria calda penetra direttamente nella zona occupata e in parte si sparge lateralmente per il principio di Archimede (galleggiamento). Il pavimento, generalmente a temperatura inferiore, crea una bassa zona di stratificazione appena sotto la parte terminale del getto. Il livello e l'intensità della zona di stratificazione varierà a seconda della quantità di aria primaria inviata e dalle risalite convettive di calore dalle sorgenti di calore. Alcuni modelli sono realizzati espressamente per installazione in locali con soffitti di altezza elevata, fino a 12 metri.

In raffreddamento, è opportuno adottare questa tipologia di diffusori, per evitare che si formi una zona di stratificazione in prossimità del soffitto, provocando temperature non uniformi nella zona occupata.

Per consentire la doppia funzionalità di riscaldamento e raffreddamento i diffusori sono stati dotati di sistemi automatici a geometria variabile azionabili tramite servomotori, idoneo alla climatizzazione invernale. Con questa soluzione, il getto può essere infatti orientato da verticale a orizzontale potendo assumere tutte le posizioni intermedie, attraverso una parzializzazione della corona perimetrale di passaggio dell'aria.

5.4. INTERVENTI SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

Non sono previsti interventi di rilievo a carattere migliorativi sugli impianti elettrici esistenti.

5.5. MONITORAGGIO DEI CONSUMI

Non sono previsti interventi o sistemi finalizzati al monitoraggio dei consumi.

5.6. UTILIZZO DI FONTI RINNOVABILI

Non è previsto dall'intervento di componenti in grado di produrre energia elettrica da fonti rinnovabili. **L'utilizzo del Chiller-Pompa di calore alimentato ad energia elettrica con refrigerante R32 consente di ottenere un GWP "Global warning potential" inferiore del 68% rispetto al 410R, consente comunque di assolvere alla riduzione dei refrigeranti HFC entro il 2030 come previsto dal RE 517 del 2014, e ridurre in modo significativo l'indice di prestazione energetica globale da fonti non rinnovabile** anche se non richiesto in modo specifico dalla tipologia di intervento previsto con la presente riqualificazione energetica.

6. SIMULAZIONE ENERGETICA – STATO DI PROGETTO

6.1. RISULTATI SIMULAZIONE ALLO STATO DI PROGETTO

Si analizza dunque la risposta prevista dell'edificio a seguito degli interventi. **Nell'Allegato B - Stato di Progetto**, sono inseriti i tabulati relativi alle verifiche di efficientamento energetico, l'indice di prestazione, i fabbisogni, le schede di prestazione energetica e le schede tecniche delle superfici disperdenti. La simulazione e le verifiche di legge sono state effettuate con il Programma Acca Termus v. 52.00e.

6.2. SCENARI DI INTERVENTO

In tabella si riportano le trasmittanze U prima e dopo l'intervento per le porzioni di involucro esterno interessate dalla riqualificazione.

Elemento	U _{stato attuale}	U _{stato di progetto}	Riduzione di trasmittanza
	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	
Copertura in corrispondenza dei "Pannelli sandwich"	0,5193	0,2049	-61%
Lucernari in copertura	5,6987	1,7350	-69%
Serramenti pareti disperdenti	3,1991	1,3492	-57%

Tabella 1 Trasmittanze degli elementi sottoposti ad intervento di riqualificazione energetica

L'entità degli interventi previsti sulle superficie disperdenti risulta inferiore al 25% della superficie totale. In ragione di ciò si effettuano le verifiche in riferimento ad una **riqualificazione energetica semplice** così come definita nel D.M. "Requisiti minimi" del 26 giugno 2015. In questi casi i requisiti di prestazione si applicano solo ai componenti edilizi

e impianti oggetto di intervento e si riferiscono alle loro caratteristiche termo-fisiche e di efficienza. Sotto il profilo della climatizzazione invernale il Fabbisogno di Energia Termica Utile per il Riscaldamento è sceso a **55.503,24 kWh all'anno (-55%)** e la potenza dispersa per trasmissione a **69 kW all'anno (-18 %)**.

Si noti che, mentre la qualità dell'involucro nella stagione invernale è migliorata rispetto allo stato attuale non si apprezzano invece risultati sul lato estivo. Infatti, **l'indicatore di prestazione invernale è proporzionale a $EP_{H,nd}$** (indice di prestazione termica utile per il riscaldamento), che dipende dall'isolamento termico dell'involucro (opaco e trasparente) e dal rendimento di un eventuale impianto di ventilazione (che in questo caso è di nuova realizzazione), si riduce a **226,80 kWh/mq** con un decremento del 25% rispetto al corrispondente valore dello stato attuale.

I limiti delle classi di prestazione sono definiti tramite $EP_{H,nd}$ dell'edificio di riferimento (ovvero con le trasmittanze termiche di riferimento di legge).

Per la prestazione estiva dell'involucro invece di utilizzare $EP_{C,nd}$ (indice di prestazione termica utile per il raffrescamento) si deve fare riferimento sia al rapporto $A_{sol,est}/A_{sup.utile}$, area solare equivalente estiva per unità di superficie utile, che dipende dalle caratteristiche della parte trasparente dell'involucro, sia a Y_{IE} , trasmittanza termica periodica, dipendente dalla trasmittanza termica e dal coefficiente di attenuazione. In sostanza l'unico modo per avere dei significativi miglioramenti dell'involucro sul lato estivo sarebbe stato quello di inserire degli oscuranti per diminuire il rapporto $A_{sol,est}/A_{sup.utile}$.

Si riporta infine la Tabella 2 di sintesi delle verifiche di legge previste per la riqualificazione energetica semplice.

In particolare per il caso in esame, in relazione alle modifiche apportate all'involucro ed alla tipologia di intervento non sono richieste specifiche verifiche.

VERIFICA RISPETTO REQUISITI MINIMI

Requisito	UM	Valore calcolato	Valore limite	Esito VERIFICA
Tipologia di intervento				
Asol'		0.0346	0.0400	NON RICHIESTO
H'T	W/m²K	0.8759	0.8000	NON RICHIESTO
EP _{H,nd}	kWh	133.1979	62.6100	NON RICHIESTO
EP _{C,nd}	kWh	4.0095	9.9837	NON RICHIESTO
EtaGh	%	42.67	30.63	NON RICHIESTO
EtaGc	%	-----	-----	NON RICHIESTO
EtaGw	%	-----	-----	NON RICHIESTO
EPgl	kWh	321.1361	278.1800	NON RICHIESTO
Fonti Rinnovabili (D.Lgs. 199/2021)				
QwFR_perc	%	-----	60.00	NON RICHIESTO
QhcwFR_perc	%	4.66	60.00	NON RICHIESTO
PeL_FR	kW	284.00	47.50	NON RICHIESTO

VERIFICHE TRASMITTANZA LIMITE DELLE STRUTTURE DISPERDENTI

Per questo tipo di intervento non sono previste verifiche delle trasmittanze limite

Tabella 2 Verifiche di legge – Riqualificazione energetica semplice

7. CONCLUSIONI

Si riportano di seguito in Tabella 3 l'analisi comparativa dei principali risultati della risposta termica dell'edificio allo stato attuale e quello di progetto.

		Stato attuale	Stato di progetto	Variazione
Climatizzazione invernale	Periodo di riscaldamento	1 nov - 15 apr		-
	Durata del periodo di riscaldamento	166 G		-
	Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento	118.113,60 kWh	53.600,95 kWh	-55%
	Fabbisogno di Energia Primaria per Riscaldamento	165.982,41 kWh	108.141,04 kWh	-44%
	Prestazione energetica del fabbricato al netto dei rendimenti degli impianti presenti	Media	Media	-
	Potenza per dispersione massima per trasmissione	23 kW	18 kW	-25%
	Potenza massima totale	82 kW	69 kW	-15%
Climatizzazione estiva	Periodo di raffrescamento	23 apr - 29 set	1 mag - 24 set	
	Durata del periodo di raffrescamento	160 G	160 G	-
	Fabbisogno di Energia Termica Utile per Raffrescamento (solo involucro)	2.688,00 kWh	6.004,92 kWh	+100%
	Fabbisogno di Energia Primaria per Raffrescamento	00,0000 kWh	24.867,59 kWh	-
	Prestazione energetica del fabbricato al netto dei rendimento degli impianti presenti	Media	media	Invariata
INDICATORI	Indice di riferimento per la Prestazione Energetica Globale per riscaldamento - EPI	297,62 kWh/m²	226,80 kWh/m²	-28%
	Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti	321,14 kWh/m²	92,47 kWh/m²	-70%

		Stato attuale	Stato di progetto	Variazione
	Classe Energetica Globale dell'Edificio Oggetto di Calcolo (EOdC)	A1*	A4 *	Miglioramento

Tabella 3 Confronto dei principali risultati fra stato attuale e stato di progetto

8. CONFRONTO DELLA RISPOSTA TERMICA DELL'EDIFICIO ALLO STATO ATTUALE E ALLO STATO DI PROGETTO

Dalla scheda di confronto emerge quanto segue:

1. Gli interventi sull'involucro determinano una riduzione pari al **21% della dispersione massima per la dispersione** di progetto con relativi vantaggi sia sotto il profilo dei costi energetici che quello del confort interno.
2. Il miglioramento dell'involucro esterno e la sostituzione dell'UTA con alimentazione a pompa di calore hanno determinato anche **una riduzione consistente pari a circa il 55% del Fabbisogno di Energia Termica Primaria Utile per riscaldamento** rispetto allo stato attuale. Tale valore assume ancor più apprezzabile se si considera che il massimo volume d'aria trattato dalla nuova UTA è pari a 10.000,00 mc/h e quindi superiore a quello dell'UTA attuale pari a 8.700,00 mc/h.
3. L'utilizzo del sistema a Pompa di Calore per alimentare la batteria di trattamento dell'Aria Primaria della UTA produce anche un ulteriore vantaggio sull'**Indice di Prestazione Energetica non rinnovabile, riducendolo di circa il 70%**; ciò significa che sistema Pompa di Calore di progetto, alimentato ad energia elettrica, ed adottato per climatizzare i locali Mensa, utilizza energia in gran parte prodotta da fonte rinnovabile, riducendo in modo drastico l'entità dell'energia prodotta da fonti non rinnovabili richiesta per la soluzione esistente ovvero UTA alimentata dalla Generatore di Calore a metano.
4. La previsione di progetto del sistema a Pompa di Colore consente di effettuare anche il **trattamento estivo** dell'Aria Primaria con evidenti vantaggi per il confort estivo dei locali serviti dall'impianto.
5. Assume di scarso significato il valore Attuale e di Progetto relativo alla Classe Energetica, in quanto riferito ai soli locali oggetto dell'intervento e non all'intero fabbricato.

9. ALLEGATI

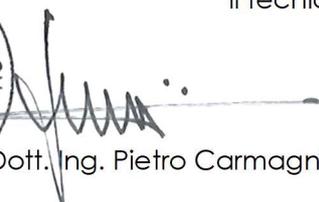
- **Allegato A**
STATO ATTUALE
VERIFICHE ENERGETICHE
ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA

- **Allegato B**
STATO DI PROGETTO
VERIFICHE ENERGETICHE
ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA

Prato, 10/07/2023



Il tecnico


Dott. Ing. Pietro Carmagnini

Firmato da:

DILETTA MOSCARDI

codice fiscale MSCDTT72P64D612I

num.serie: 5660024324789676862

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 22/02/2022 al 23/09/2024

CARMAGNINI PIETRO

codice fiscale CRMPTR60B06G999R

num.serie: 1326815

emesso da: InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

valido dal 06/04/2022 al 06/04/2025