



B2 - RELAZIONE TECNICA IMPIANTI

Indice

Capitolo 1 - Introduzione	2
Capitolo 2 – Calcolo dei fabbisogni energetici dell’edificio	3
Involucro dell’edificio	5
Copertura	6
Pavimento piano terra.....	7
Parete esterna standard.....	8
Pavimento radiante piano terra	9
Serramento – blocco vetrata palestra con oscurante	10
Serramento – blocco vetrata palestra	11
Serramento – blocco vetrata	12
Serramento – finestra aula	13
Serramento – bagni	14
Serramento – spogliatoi	16
Serramento – vetrata 5,7	17
Serramento – vetrata 5,85	18
Serramento – vetrata 5,95 con porte	19
Vetro – 4-12-4 (Argon)	21
Modello Termolog	22
Calcolo dei fabbisogni termici	23
Capitolo 3 – Impianti termotecnici	33
Dimensionamento degli impianti	35
Descrizione dei sistemi impiantistici	41
Capitolo 4 – Aspetti Illuminotecnici	47
Capitolo 5 – Impianti elettrici	53
Capitolo 6 – Building automation	57
Capitolo 7 – Micro grid elettrica	62
Il bilancio energetico	62
L’impianto fotovoltaico con accumulo	63
Integrazione tra micro grid e sistemi BACS, TBM e EMS	69
Capitolo 8 – Indicazione di spesa sommaria	71
Capitolo 9 – Classe energetica, risultati e conclusioni	72
Capitolo 10 – Soluzioni finalizzate alla riduzione dei consumi e al riutilizzo della risorsa idrica	75
Appendice - Elaborati Grafici	80

Capitolo 1 – Introduzione

L'approccio progettuale che si è scelto nello sviluppo della dotazione impiantistica del complesso scolastico ha seguito tre obiettivi principali:

Ottimizzazione complessiva della prestazione energetica dell'edificio (nZEB);

Altissima Integrazione e automazione tecnologica tra le diverse componenti impiantistiche;

Ottimizzazione della gestione energetica tramite una microgrid elettrica.

Il complesso edilizio è risultato, a valle delle scelte impiantistiche ed energetiche realizzate, un nZEB, cioè un sistema edificio impianto dotato di un bilancio energetico, tra energia consumata ed energia prodotta, prossimo allo zero e rispondente a tutte le specifiche descritte dal DM 26 Giugno 2015 "DM requisiti minimi" che definisce la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili in edilizia, fissando i requisiti degli edifici nZEB.

L'obiettivo di raggiungere una altissima prestazione energetica ha comportato la necessità di progettare un sistema impiantistico profondamente integrato, in cui cioè gli aspetti funzionali ed energetici degli impianti fossero strettamente correlati ed interconnessi tra di loro. A tale scopo è stato proposto un sistema rispondente alla massima classe di efficienza della norma UNI EN 15232 "Prestazione energetica degli edifici – Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici".

L'impianto di automazione e controllo dell'edificio (BACS), la gestione tecnologica (TBM) e la gestione energetica dello stesso (EMS) sono stati progettati in maniera indissolubilmente interconnessa tra di loro e basata sulla tecnologia digitale del protocollo di comunicazione KONNEX. Un bus di dati, una rete di sensori e di attuatori sarà posata parallelamente alla distribuzione di potenza elettrica e di fluido termovettore e la gestione di questo sistema tecnologico sarà programmata e controllata da una unica comune elaborazione software. Tale approccio permetterà di ottimizzare il livello di comfort, efficienza e manutenzione della struttura.

La digitalizzazione della gestione energetica dell'edificio sarà completata dalla proposta di una microgrid elettrica basata su un impianto fotovoltaico in autoconsumo e su un sistema di storage agli ioni di litio.

La microgrid consentirà di ottimizzare in maniera fondamentale l'autarchia elettrica del complesso scolastico, riducendo al 22% del fabbisogno energetico totale l'energia da assorbire dalla rete del distributore.

La gestione della microgrid sarà integrata all'interno del controllo software dei sistemi BACS, TBM e EMS dell'edificio. In tale modo i dati sulla gestione dei flussi di potenza nella grid saranno elaborati in tempo reale ottimizzando l'autoconsumo e l'autarchia del sistema energetico.

Nello sviluppo della progettazione si è passati in maniera consequenziale dallo studio dei fabbisogni dell'involucro al dimensionamento degli impianti termotecnici e di illuminazione per poi pensare e dimensionare gli impianti elettrici e di building automation. Una volta ottenuto il bilancio energetico del complesso edilizio è stata dimensionata la micro grid e dunque l'impianto fotovoltaico e di storage.

Si chiuderà la relazione mostrando i risultati energetici ottenuti inserendo l'attestato di prestazione energetica del complesso edilizio e a rispondenza ai requisiti nZEB.

Capitolo 2 – Calcolo dei fabbisogni energetici dell'Edificio

2.1 Geometria e spazi dell'Edificio

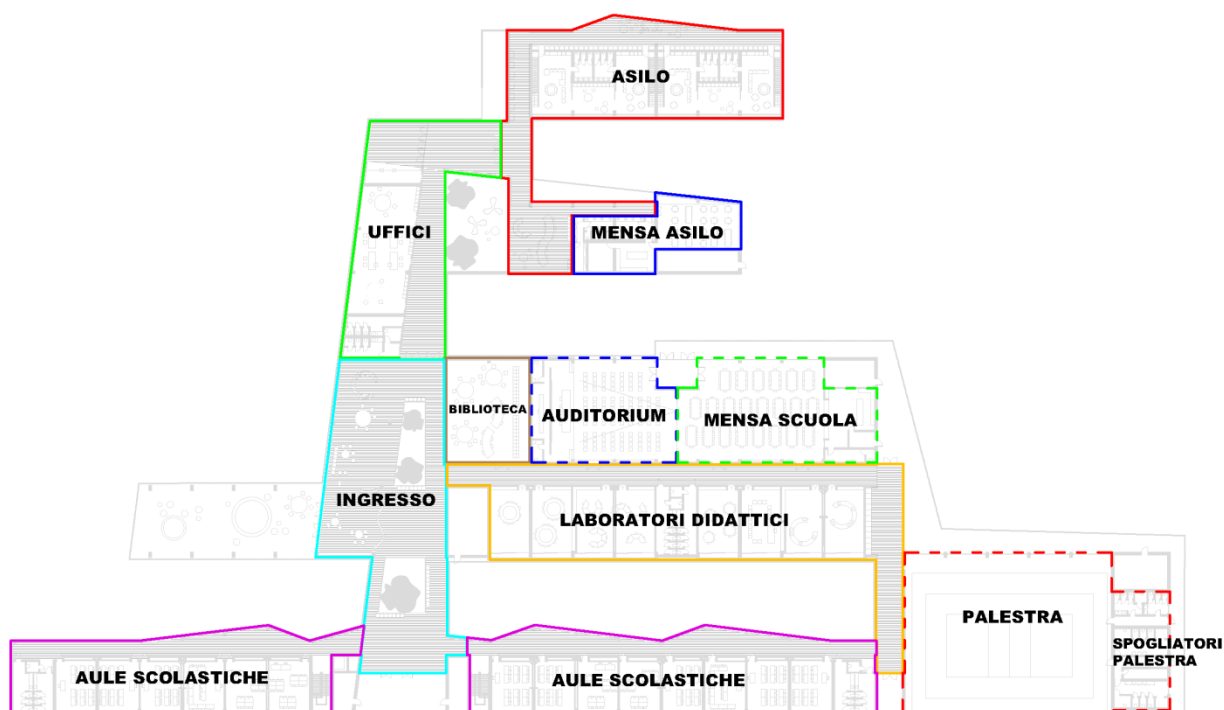
Il complesso scolastico è stato modellizzato tramite il software Termolog Epix 8° certificato dal Comitato Termotecnico Italiano e rispondente alle UNI TS 11300 e al DM 26 Giugno 2015. Tale modellizzazione, che ha portato alla definizione dei fabbisogni energetici, è stata utilizzata per scegliere e dimensionare le varie componenti impiantistiche del sistema Edificio impianto in oggetto.

Nel presente capitolo arriveremo a dimostrare la rispondenza alle normative vigenti delle soluzioni edilizie per l'involucro e a definire i fabbisogni energetici necessari per le successive implementazioni.

In base al D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n°10" l'Edificio è classificabile come E.7 "Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili".

Il Comune di Palermo è in Zona climatica B con 751 GG.

L'Edificio è stato suddiviso in funzione della destinazione d'uso in 11 zone termiche: Asilo, Mensa Asilo, Uffici, Biblioteca, Auditorium, Mensa scuola, Laboratori didattici, Aule scolastiche, Palestra, Spogliatoi Palestra. Di seguito sono evidenziate le dimensioni delle zone termiche e la loro ubicazione.



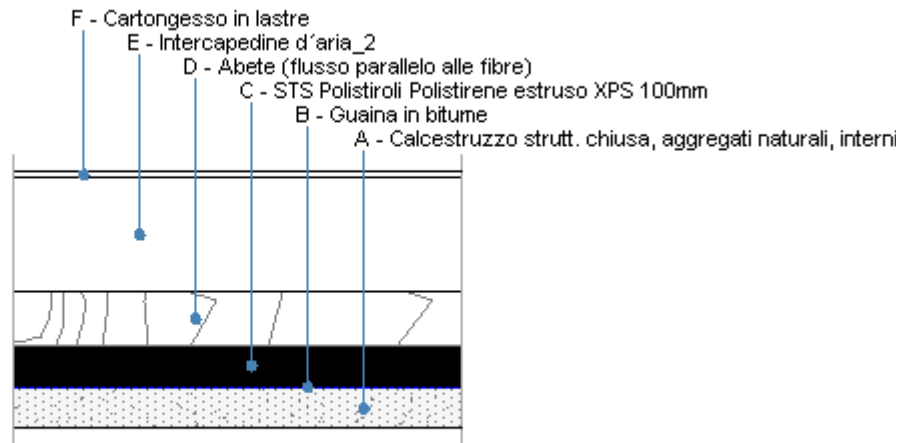
Edificio			
viale venere - 90121 - Palermo (PA)			
Unità immobiliare 01 -			
ASILO	E.7 - [H-W-C-L]		
Aula 1 PT Asilo	Su=130,2 m ²	⚙️	⚙️
Aula 2 PT Asilo	Su=129,4 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 1 PT Asilo	Su=12,5 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 2 PT Asilo	Su=12,5 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 3 PT Asilo	Su=12,5 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 4 PT Asilo	Su=12,5 m ²	⚙️	⚙️
Corridoio Asilo	Su=324,6 m ²	⚙️	⚙️
Soppalco1	Su=158,8 m ²	⚙️	⚙️
Soppalco 2	Su=161,0 m ²	⚙️	⚙️
MENSA ASILO	E.7 - [H-W-C-L]		
Mensa Asilo	Su=80,5 m ²	⚙️	⚙️
Cucina Asilo	Su=46,7 m ²	⚙️	⚙️
Servizi adulti asilo	Su=14,4 m ²	⚙️	⚙️
Servizi Bambini Asilo	Su=28,9 m ²	⚙️	⚙️
UFFICI	E.2 - [H-W-C-L]		
Servizi 1 Uffici	Su=19,9 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 2 Uffici	Su=19,1 m ²	⚙️	⚙️
Antibagno Uffici	Su=7,5 m ²	⚙️	⚙️
Ufficio 1	Su=50,3 m ²	⚙️	⚙️
Ufficio 2	Su=47,8 m ²	⚙️	⚙️
Ufficio 3	Su=45,5 m ²	⚙️	⚙️
Ufficio 4	Su=26,4 m ²	⚙️	⚙️
Corridoio Uffici	Su=241,3 m ²	⚙️	⚙️
BIBLIOTECA	E.7 - [H-W-C-L]		
Biblioteca	Su=176,4 m ²	⚙️	⚙️
AUDITORIUM	E.7 - [H-W-C-L]		
Auditorium	Su=291,9 m ²	⚙️	⚙️
Disimpegno verso esterno	Su=23,5 m ²	🌿	🌿
LABORATORI DIDATTICI	E.7 - [H-W-C-L]		
Laboratorio 1	Su=111,1 m ²	⚙️	⚙️
Laboratorio 2	Su=108,6 m ²	⚙️	⚙️
Laboratorio 3	Su=113,8 m ²	⚙️	⚙️
Laboratorio 4	Su=108,6 m ²	⚙️	⚙️
Antibagno zona laboratori	Su=5,3 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 1 zona laboratori	Su=25,3 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 2 zona laboratori	Su=24,9 m ²	⚙️	⚙️
Corridoio Laboratori	Su=368,6 m ²	⚙️	⚙️

MENSA SCUOLA	E.7 - [H-W-C-L]		
Mensa scuole elementare e media	Su=368,6 m ²	⚙️	⚙️
Disimpegno verso esterno cucina	Su=5,5 m ²	🌿	🌿
Servizi cucina	Su=9,4 m ²	⚙️	⚙️
AULE SCOLASTICHE	E.7 - [H-W-C-L]		
Servizi 1 PT Scuola Elementare	Su=19,0 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 2 PT Scuola Elementare	Su=19,0 m ²	⚙️	⚙️
Aule 1-2 PT Elementari	Su=94,3 m ²	⚙️	⚙️
Aule 3-4 PT Elementari	Su=94,0 m ²	⚙️	⚙️
Aule 5-6 PT Elementari	Su=94,0 m ²	⚙️	⚙️
Aule 1-2-3 PT Medie	Su=141,4 m ²	⚙️	⚙️
Aule 4-5-6 PT Medie	Su=141,4 m ²	⚙️	⚙️
Aule 7-8 PT Medie	Su=93,9 m ²	⚙️	⚙️
Corridoio PT Elementari	Su=130,7 m ²	⚙️	⚙️
Corridoio PT Medie	Su=200,7 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 1 PT Medie	Su=20,4 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 2 PT Medie	Su=20,5 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 3 P1 Elementari	Su=19,0 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 4 P1 Elementari	Su=19,0 m ²	⚙️	⚙️
Aule 7-8 P1 Elementari	Su=94,3 m ²	⚙️	⚙️
Aule 9-10 P1 Elementari	Su=93,6 m ²	⚙️	⚙️
Aule 9-10-11 P1 Medie	Su=141,3 m ²	⚙️	⚙️
Aule 12-13 P1 Medie	Su=93,5 m ²	⚙️	⚙️
Aule 14-15 P1 Medie	Su=94,0 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 3 P1 Medie	Su=20,4 m ²	⚙️	⚙️
Servizi 4 P1 Medie	Su=20,4 m ²	⚙️	⚙️
Corridoio aule scolastiche primo...	Su=564,1 m ²	⚙️	⚙️
PALESTRA	E.6(2) - [H-W-L]		
Area di gioco	Su=622,2 m ²	⚙️	⚙️
SPOGLIATOI PALESTRA	E.6(3) - [H-W-L]		
Spogliatoi	Su=111,8 m ²	⚙️	⚙️
INGRESSO	E.7 - [H-C-L]		
Ingresso 1	Su=278,1 m ²	⚙️	⚙️
Ingresso 2	Su=140,6 m ²	⚙️	⚙️
Ingresso 3	Su=167,9 m ²	⚙️	⚙️

2.2 Involucro dell'Edificio

Di seguito sono evidenziate le strutture utilizzate ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale ed estiva.

Copertura



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **Copertura**

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	635,5 mm
Trasmittanza U:	0,226 W/(m ² K)	Resistenza R:	4,421 (m ² K)/W
Massa superf.:	322 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, interni (2400 kg/m ³)	100,0	1,910	0,052	2.400	0,88	76,9	50,0
B	Guaina in bitume	6,0	0,170	0,035	1.200	0,92	22.222,2	22.222,2
C	STS Polistiroli Polistirene estruso XPS 100mm	100,0	0,036	2,778	35	1,45	80,0	250,0
D	Abete (flusso parallelo alle fibre)	132,0	0,120	1,100	450	1,38	666,7	222,2
E	Intercapedine d'aria_2	285,0	1,111	0,257	1	1,00	1,0	1,0
F	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	635,5		4,421				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

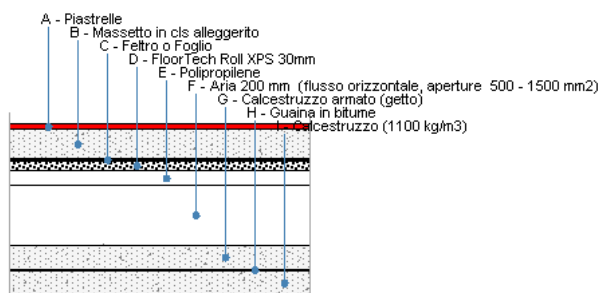
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Palermo	Zona climatica:	B
Trasmittanza della struttura U:	0,226 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,350 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

Pavimento Piano Terra



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Pavimento Piano Terra

Note:

Tipologia:	<u>Pavimento</u>	Disposizione:	<u>Orizzontale</u>
Verso:	<u>Terreno</u>	Spessore:	<u>692,0</u> mm
Trasmittanza U:	0,438 W/(m ² K)	Resistenza R:	2,281 (m ² K)/W
Massa superf.:	658 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Piastrelle	20,0	1,000	0,020	2.300	0,84	0,0	999.99 9,0
B	Massetto in cls alleggerito	120,0	1,080	0,111	1.600	1,00	3,3	3,3
C	Feltro o Foglio	8,0	0,230	0,035	1.100	1,00	50.000 ,0	50.000 ,0
D	FloorTech Roll XPS 30mm	40,0	0,032	1,250	35	1,45	250,0	250,0
E	Polipropilene	60,0	0,220	0,273	910	1,80	10.000 ,0	10.000 ,0
F	Aria 200 mm (flusso orizzontale, aperture 500 - 1500 mm2)	240,0	2,220	0,108	1	1,00	1,0	1,0
G	Calcestruzzo armato (getto)	100,0	1,910	0,052	2.400	1,00	0,0	999.99 9,0
H	Guaina in bitume	4,0	0,170	0,024	1.200	0,92	22.222 ,2	22.222 ,2
I	Calcestruzzo (1100 kg/m3)	100,0	0,420	0,238	1.100	0,88	3,3	3,3
	TOTALE	692,0		2,281				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 0,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,000 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

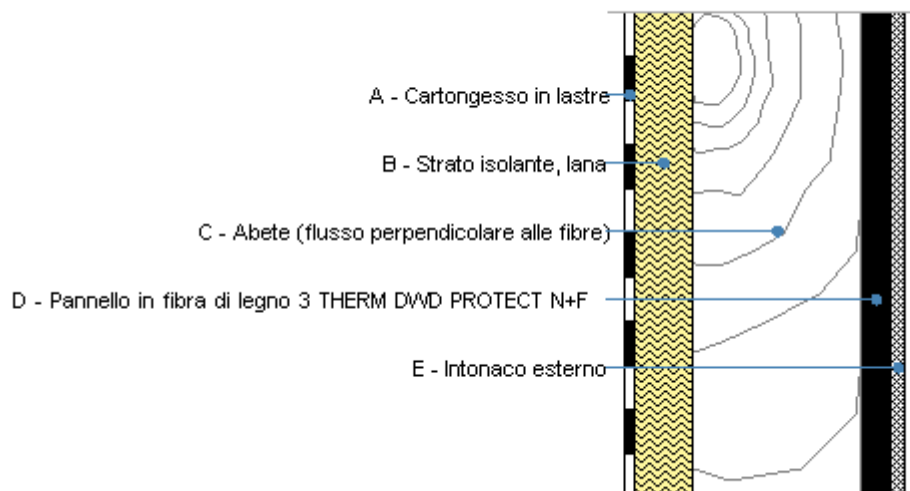
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	<u>Palermo</u>	Zona climatica:	<u>B</u>
Trasmittanza della struttura U:	0,438 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,440 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

Parete esterna standard



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **Parete esterna standard**

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	382,5 mm
Trasmittanza U:	0,253 W/(m ² K)	Resistenza R:	3,946 (m ² K)/W
Massa superf.:	153 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità term. C	Fattore μ _a	Fattore μ _u
		[mm]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[Kg/m ³]	[kJ/(kgK)]	[-]	[-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Cartongesso in lastre	12,5	0,210	0,060	900	1,30	8,7	8,7
B	Strato isolante, lana	80,0	0,060	1,333	200	1,30	20,0	15,0
C	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	230,0	0,120	1,917	450	1,38	44,4	33,3
D	Pannello in fibra di legno 3 THERM DWD PROTECT N+F	40,0	0,090	0,444	565	0,50	11,0	11,0
E	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	382,5		3,946				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

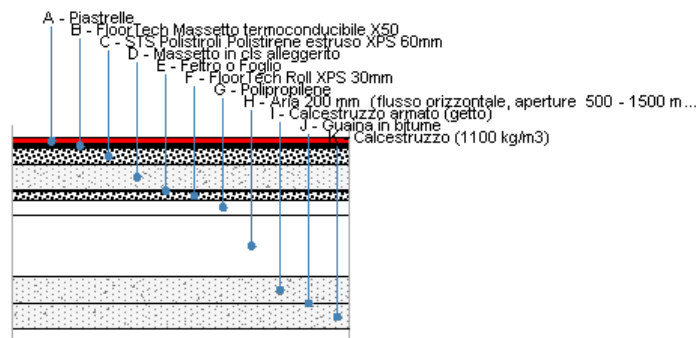
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Palermo	Zona climatica:	B
Trasmittanza della struttura U:	0,253 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,430 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

Pavimento Radiante Piano Terra



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **Pavimento Piano Terra**

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Terreno	Spessore:	742,0 mm
Trasmittanza U:	0,275 W/(m ² K)	Resistenza R:	3,631 (m ² K)/W
Massa superf.:	628 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Piastrelle	20,0	1,000	0,020	2.300	0,84	0,0	999.99 9,0
B	FloorTech Massetto termoconducibile X50	20,0	1,390	0,014	3	0,51	500.00 0,0	500.00 0,0
C	STS Polistiroli Polistirene estruso XPS 60mm	60,0	0,036	1,667	35	1,45	80,0	250,0
D	Massetto in cls alleggerito	100,0	1,080	0,093	1.600	1,00	3,3	3,3
E	Feltro o Foglio	8,0	0,230	0,035	1.100	1,00	50.000 ,0	50.000 ,0
F	FloorTech Roll XPS 30mm	30,0	0,032	0,937	35	1,45	250,0	250,0
G	Polipropilene	60,0	0,220	0,273	910	1,80	10.000 ,0	10.000 ,0
H	Aria 200 mm (flusso orizzontale, aperture 500 - 1500 mm ²)	240,0	2,220	0,108	1	1,00	1,0	1,0
I	Calcestruzzo armato (getto)	100,0	1,910	0,052	2.400	1,00	0,0	999.99 9,0
J	Guaina in bitume	4,0	0,170	0,024	1.200	0,92	22.222 ,2	22.222 ,2
K	Calcestruzzo (1100 kg/m ³)	100,0	0,420	0,238	1.100	0,88	3,3	3,3
	TOTALE	742,0		3,631				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 0,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,000 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Palermo	Zona climatica:	B
Trasmittanza della struttura U:	0,275 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,440 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

SERRAMENTO: Blocco vetrata Palestra con oscurante

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **Blocco vetrata con oscurante**

Note:

Produttore:

Larghezza: **150 cm**

Altezza: **150 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

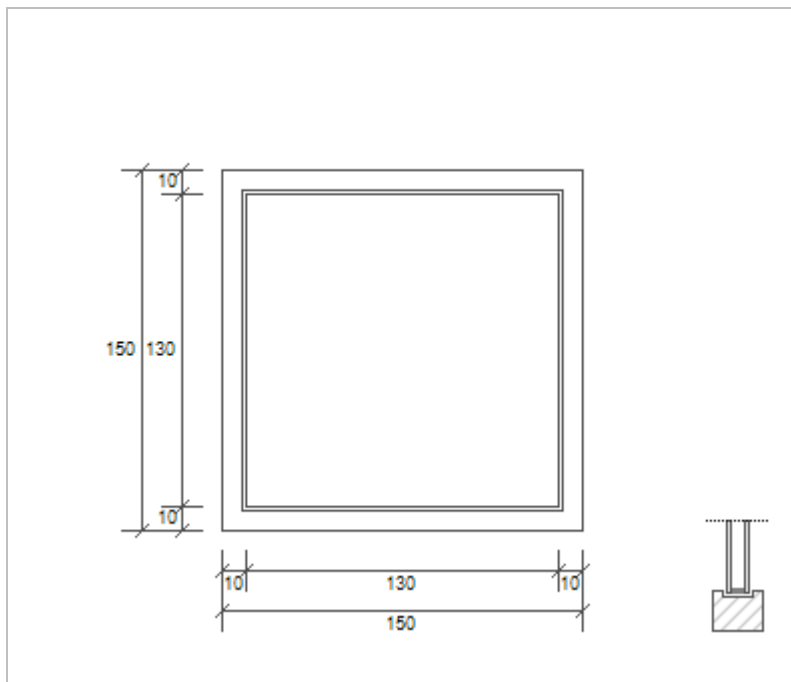
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **0**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro Ag: **1,690 m²**

Area totale del serramento Aw: **2,250 m²**

Area del telaio Af: **0,560 m²**

Perimetro della superficie vetrata Lg: **5,200 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4-12-4 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,670**

Trasmittanza termica vetro Ug: **1,463 W/(m² K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo**

Emissività ε: **0,837**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **22 mm**

Trasmittanza termica del telaio Uf: **2,500 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψfg: **0,110 W/(m K)**

Tipologia telaio: **Alluminio**

Distanziatore: **Metallo**

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: -

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: -

Posizione: -

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: **Alluminio**

Permeabilità della chiusura: **Alta permeabilità all'aria**

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR: 0,090 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: **1,975 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: **1,796 W/(m² K)**

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]

Parete con serramento SER.003	8,4	0,045
-------------------------------	-----	-------

SERRAMENTO: Blocco vetrata Palestra

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **Blocco vetrata Palestra**

Note:

Produttore:

Larghezza: **150 cm**

Altezza : **150 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

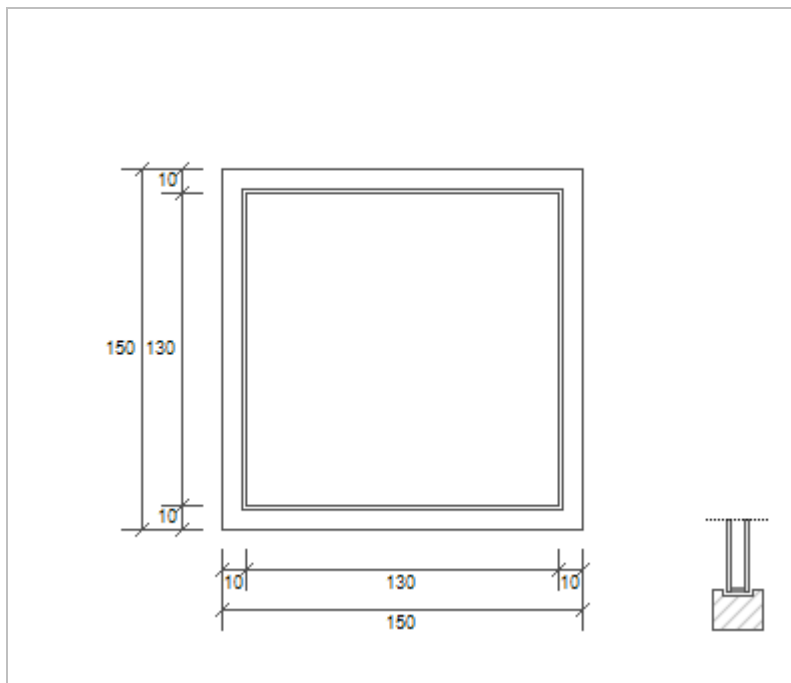
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **0**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro Ag: **1,690 m²**

Area totale del serramento Aw: **2,250 m²**

Area del telaio Af: **0,560 m²**

Perimetro della superficie vetrata Lg: **5,200 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4-12-4 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,670**

Trasmittanza termica vetro Ug: **1,463 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **22 mm**

Trasmittanza termica del telaio Uf: **2,500 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,110 W/(m K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo**

Emissività ϵ : **0,837**

Tipologia telaio: **Alluminio**

Distanziatore: **Metallo**

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: **Tenda**

Colore: **-**

g,gl,sh,d: **-**

g,gl,sh/g,gl: **0,25**

Posizione: **Veneziane bianche - Interna**

Trasparenza: **-**

g,gl,sh,b: **-**

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: **-**

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : **0,000 (m² K)/W**

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: **0,60**

Permeabilità della chiusura: **-**

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: **1,975 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: **1,975 W/(m² K)**

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	8,4	0,045

SERRAMENTO: Blocco vetrata

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: Blocco vetrata

Note:

Produttore:

Larghezza: 150 cm

Altezza : 270 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 10 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

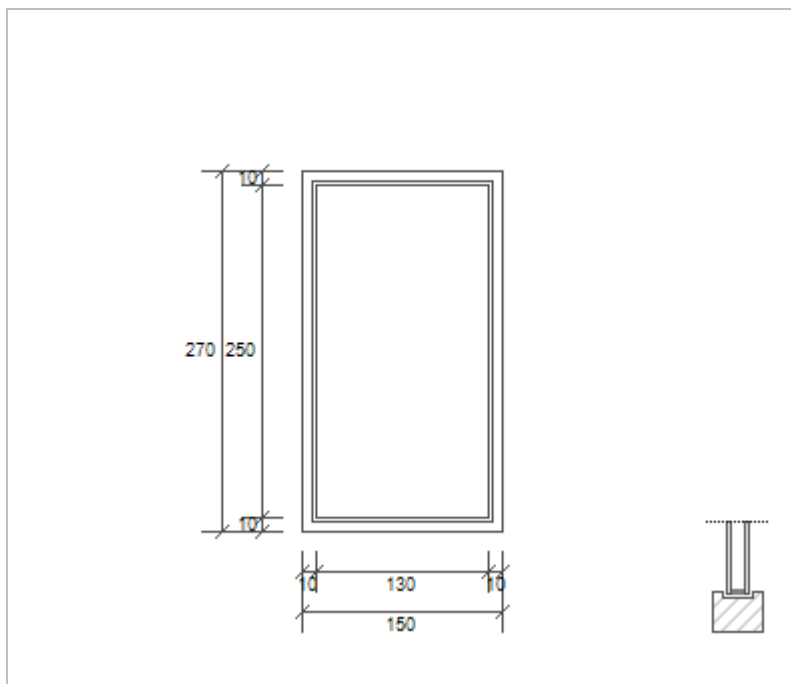
Spessore destro del telaio: 10 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 10 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm



Area del vetro Ag: 3,250 m²

Area totale del serramento Aw: 4,050 m²

Area del telaio Af: 0,800 m²

Perimetro della superficie vetrata Lg: 7,600 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-12-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g: 0,670

Trasmittanza termica vetro Ug: 1,463 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 22 mm

Trasmittanza termica del telaio Uf: 2,500 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,110 W/(m K)

Tipologia vetro: Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,837

Tipologia telaio: Alluminio

Distanziatore: Metallo

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

Permeabilità della chiusura: -

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: Non dichiarato (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: 1,874 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: 1,874 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	8,4	0,045

SERRAMENTO: Finestra aula

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: Finestra aula

Note:

Produttore:

Larghezza: 580 cm

Altezza : 260 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 10 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

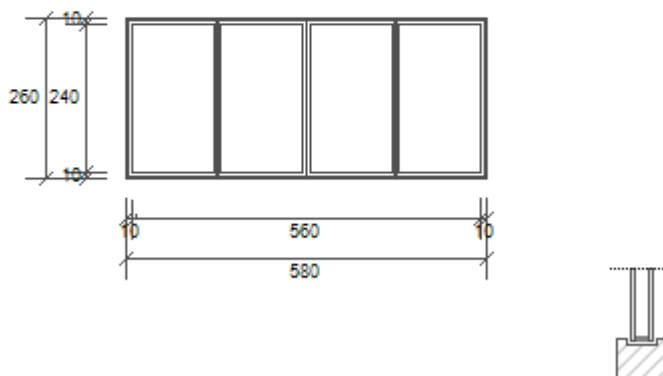
Spessore destro del telaio: 10 cm

Numero divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 10 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm



Area del vetro Ag: 12,720 m²

Area totale del serramento Aw: 15,080 m²

Area del telaio Af: 2,360 m²

Perimetro della superficie vetrata Lg: 29,800 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-12-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g: 0,670

Trasmittanza termica vetro Ug: 1,463 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 22 mm

Trasmittanza termica del telaio Uf: 2,500 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,110 W/(m K)

Tipologia vetro: Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,837

Tipologia telaio: Alluminio

Distanziatore: Metallo

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Frangisole a lamelle orizzontali o verticali

Colore: Bianco

g,gl,sh,d: 0,30

g,gl,sh/g,gl: -

Posizione: Schermatura esterna

Trasparenza: Opaca

g,gl,sh,b: 0,12

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Permeabilità della chiusura: -

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)
La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: **1,842 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: **1,842 W/(m² K)**

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	16,8	0,045

SERRAMENTO: Serramenti Bagni

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **Serramenti Bagni**

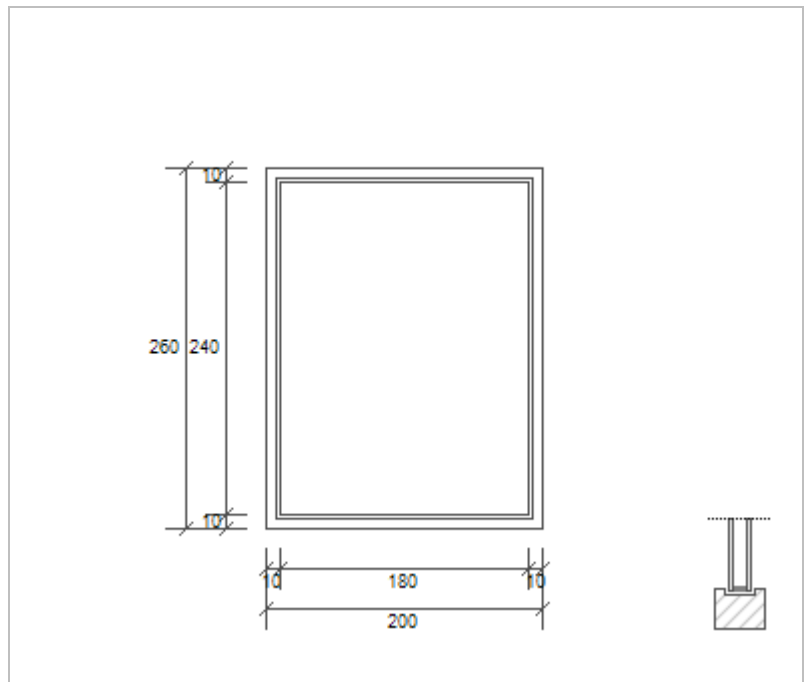
Note:

Produttore:

Larghezza: **200 cm**
Altezza : **260 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**
Spessore inferiore del telaio: **10 cm**
Spessore sinistro del telaio: **10 cm**
Spessore destro del telaio: **10 cm**
Numero divisioni verticali: **0**
Spessore divisioni verticali: **10 cm**
Numero divisioni orizzontali: **0**
Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro Ag: **4,320 m²**

Area totale del serramento Aw: **5,200 m²**

Area del telaio Af: **0,880 m²**

Perimetro della superficie vetrata Lg: **8,400 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4-12-4 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,670**

Trasmittanza termica vetro Ug: **1,463 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **22 mm**

Trasmittanza termica del telaio Uf: **2,500 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,110 W/(m K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo**

Emissività ϵ : **0,837**

Tipologia telaio: **Alluminio**

Distanziatore: **Metallo**

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: -

Colore: -
g,gl,sh,d: -

Posizione: -

Trasparenza: -
g,gl,sh,b: -

g,gl,sh/g,gl: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: Alluminio

Permeabilità della chiusura: Alta permeabilità all'aria

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,090 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: Non dichiarato (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 1,816 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella U_w , CORR: 1,663 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	16,8	0,045

SERRAMENTO: Serramenti Spogliatoi

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **Serramenti Spogliatoi**

Note:

Produttore:

Larghezza: **60 cm**

Altezza: **60 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

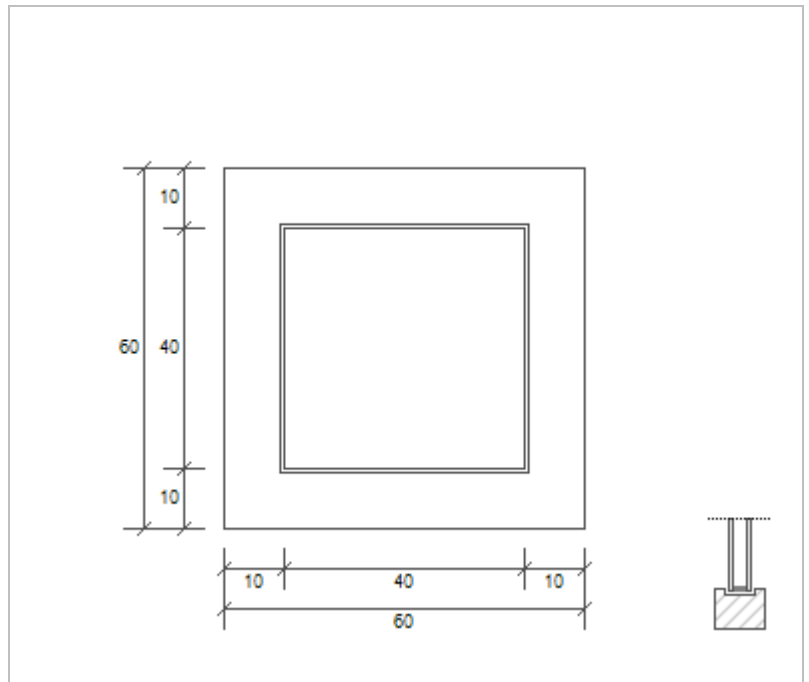
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **0**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro Ag: **0,160 m²**

Area totale del serramento Aw: **0,360 m²**

Area del telaio Af: **0,200 m²**

Perimetro della superficie vetrata Lg: **1,600 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4-12-4 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,670**

Trasmittanza termica vetro Ug: **1,463 W/(m² K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo**

Emissività ε: **0,837**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **22 mm**

Trasmittanza termica del telaio Uf: **2,500 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψfg: **0,110 W/(m K)**

Tipologia telaio: **Alluminio**

Distanziatore: **Metallo**

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: -

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: -

Posizione: -

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: **Alluminio**

Permeabilità della chiusura: **Alta permeabilità all'aria**

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR: 0,090 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: **2,528 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: **2,247 W/(m² K)**

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]

Parete con serramento SER.003	2,4	0,045
-------------------------------	-----	-------

SERRAMENTO: Vetrata 5,7

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **Vetrata 5,7**

Note:

Produttore:

Larghezza: **570 cm**

Altezza : **270 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

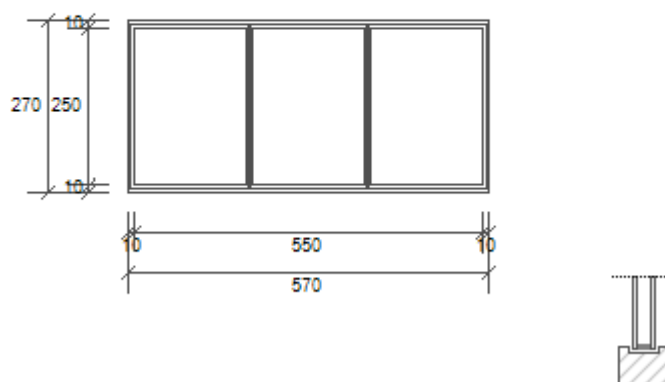
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **2**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro Ag: **13,250 m²**

Area totale del serramento Aw: **15,390 m²**

Area del telaio Af: **2,140 m²**

Perimetro della superficie vetrata Lg: **25,600 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4-12-4 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,670**

Trasmittanza termica vetro Ug: **1,463 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **22 mm**

Trasmittanza termica del telaio Uf: **2,500 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,110 W/(m K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo**

Emissività ϵ : **0,837**

Tipologia telaio: **Alluminio**

Distanziatore: **Metallo**

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: **Tenda**

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: **Veneziane bianche - Interna**

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Permeabilità della chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: **1,790 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: **1,790 W/(m² K)**

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	16,8	0,045

SERRAMENTO: Vetrata 5,85

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **Vetrata 5,85**

Note:

Produttore:

Larghezza: **585 cm**

Altezza : **270 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

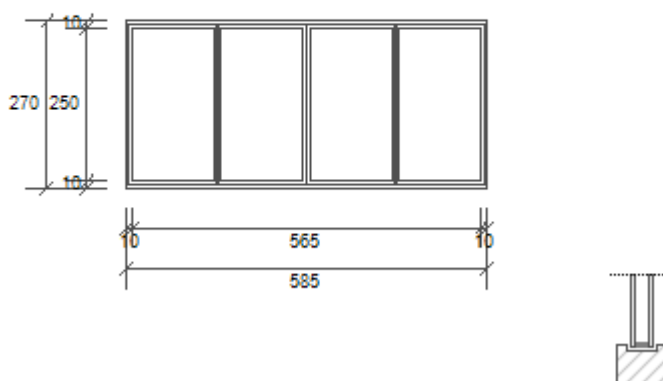
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **3**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro Ag: **13,375 m²**

Area totale del serramento Aw: **15,795 m²**

Area del telaio Af: **2,420 m²**

Perimetro della superficie vetrata Lg: **30,700 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4-12-4 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,670**

Trasmittanza termica vetro Ug: **1,463 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **22 mm**

Trasmittanza termica del telaio Uf: **2,500 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,110 W/(m K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo**

Emissività ϵ : **0,837**

Tipologia telaio: **Alluminio**

Distanziatore: **Metallo**

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: **Tenda**

Colore: **-**

g,gl,sh,d: **-**

g,gl,sh/g,gl: **0,25**

Posizione: **Veneziane bianche - Interna**

Trasparenza: **-**

g,gl,sh,b: **-**

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: **-**

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : **0,000 (m² K)/W**

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: **0,60**

Permeabilità della chiusura: **-**

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento Uw: 1,835 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: 1,835 W/(m² K)

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	17,1	0,045

SERRAMENTO: Vetrata 8,95 con porte

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: Vetrata 8,95 con porte

Note:

Produttore:

Larghezza: 600 cm

Altezza : 270 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 10 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

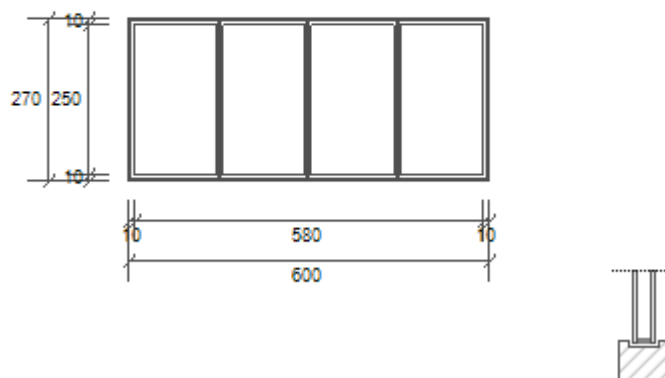
Spessore destro del telaio: 10 cm

Numero divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 10 cm

Numero divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm



Area del vetro Ag: 13,750 m²

Area totale del serramento Aw: 16,200 m²

Area del telaio Af: 2,450 m²

Perimetro della superficie vetrata Lg: 31,000 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4-12-4 (Argon)

Coefficiente di trasmissione solare g: 0,670

Trasmittanza termica vetro Ug: 1,463 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore sf: 22 mm

Trasmittanza termica del telaio Uf: 2,500 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,110 W/(m K)

Tipologia vetro: Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo

Emissività ϵ : 0,837

Tipologia telaio: Alluminio

Distanziatore: Metallo

SCHERMATURE MOBILI

Tipo schermatura: Tenda

Colore: -

g,gl,sh,d: -

g,gl,sh/g,gl: 0,25

Posizione: Veneziane bianche - Interna

Trasparenza: -

g,gl,sh,b: -

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Tipo chiusura: -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Permeabilità della chiusura: -

Frazione oraria di utilizzo della chiusura fshut: 0,60

PERMEABILITÀ ALL'ARIA

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026: **Non dichiarato** (MIN 1- MAX 4)

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

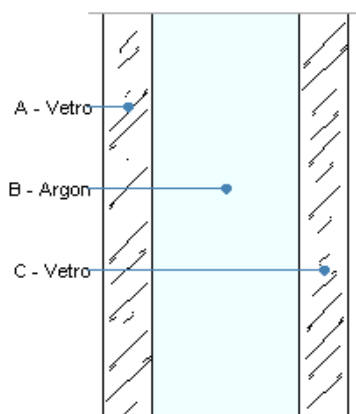
Trasmittanza termica del serramento Uw: **1,830 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella Uw, CORR: **1.830 W/(m² K)**

STRUTTURE ASSOCIATE AL SERRAMENTO

Strutture opache e ponti termici	Area o lunghezza [m ²] o [m]	Trasmittanza [W/(m ² K)] o [W/(mK)]
Parete con serramento SER.003	17,4	0,045

Vetro 4-12-4 (Argon)



Le proprietà termiche dei vetri sono valutate in base alla UNI EN 673.

DATI DEL VETRO

Nome: **Vetro 4-12-4-12-4 (Argon)**

Note:

Numero lastre:	Spessore vetro: 20,0 mm
Trasmittanza U: 1,463 W/(m ² K)	Resistenza R: 0,684 (m ² K)/W

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Emissività normale interna ϵ_{ni} [-]	Emissività normale esterna ϵ_{ne} [-]	Densità ρ [Kg/m ³]	Viscosità dinamica μ [10 ⁻⁵ Kg/(ms)]	Capacità termica specifica c [J/(kgK)]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	7,690	-	-	-	-	-
A	Vetro	4,0	1,000	0,89	0,89	2.500	0,0	0,84
B	Argon	12,0	0,017	0,00	0,00	2	2,2	0,52
C	Vetro	4,0	1,000	0,10	0,89	2.500	0,0	0,84
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	25,000	-	-	-	-	-
	TOTALE	20,0						

RESISTENZE

Costanti dipendenti dall'orientamento del vetro: A = 0,035, N = 0,38

	Strato	Emissività corretta interna ϵ_i [-]	Emissività corretta esterna ϵ_e [-]	Salto termico intercapedine ΔT [°C]	Conduttanza radiativa h_r [W/(m ² K)]	Conduttanza lastra h_g [W/(m ² K)]	Conduttanza intercapedine h_s [W/(m ² K)]	Resistenza termica R [(m ² K)/W]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	-	0,130
A	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
B	Argon	0,837	0,114	15,00	0,574	1,403	1,977	0,506
C	Vetro	-	-	-	-	-	-	0,004
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	-	0,040
	TOTALE							0,68

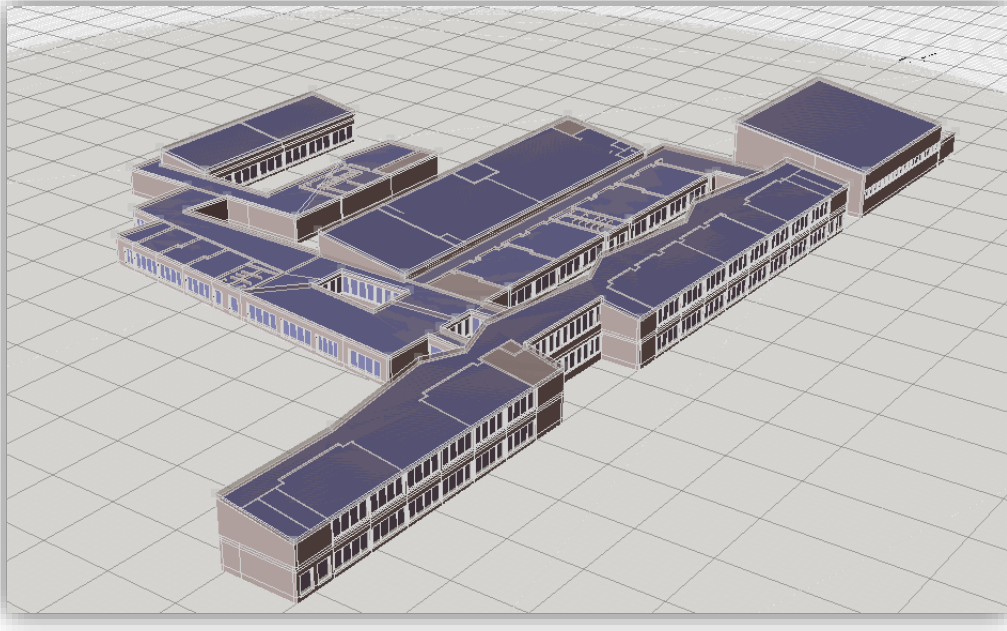
VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune: Palermo	Zona climatica: B
Trasmittanza della struttura U: 1,463 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} : 0,000 W/(m ² K)

Modello Termolog

Di seguito si riporta il modello realizzato con il software certificato CTI Termolog EpiX 8® ed i relativi dati geometrici.



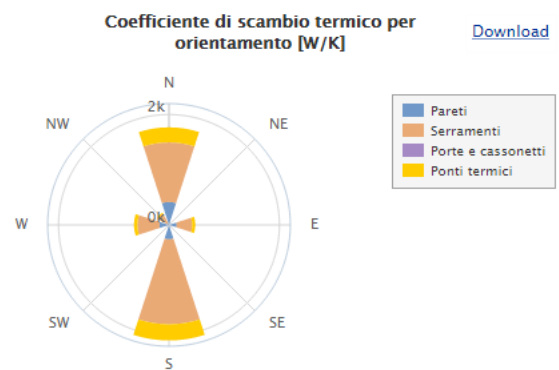
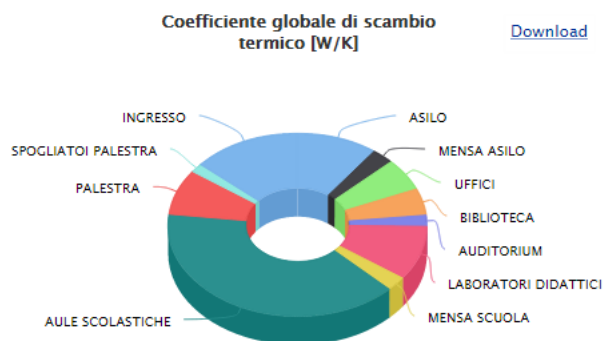
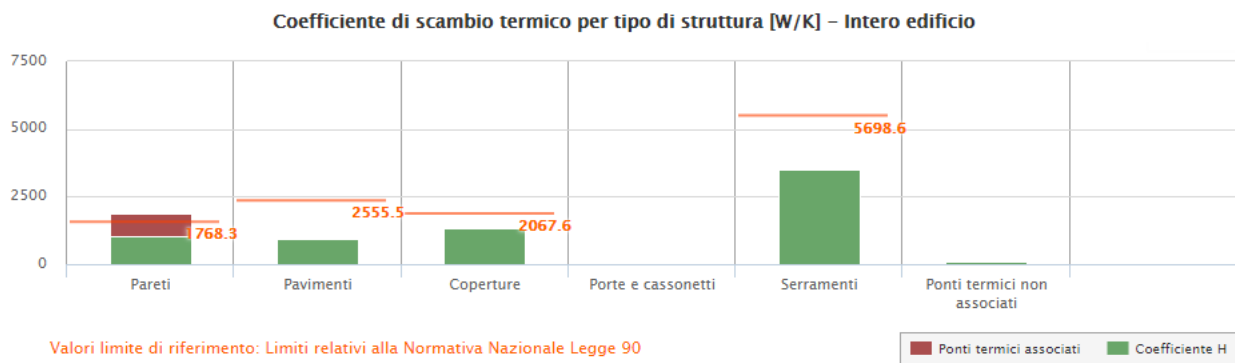
Dati geometrici

Superficie utile riscaldata $S_{u,H}$ 6.873,32 m²

Volume lordo riscaldato $V_{l,H}$ 38.225,08 m³

Superficie disperdente S_{disp} 17.748,15 m²

Nella figura seguente è sono evidenziate le strutture più energivore dell'Edificio.



2.3 Calcolo dei fabbisogni termici

Climatizzazione invernale

Di seguito sono riportati i fabbisogni di energia termica dell'involucro e delle batterie delle UTA calcolati in condizioni standard col software Termolog EpiX 8.

RISCALDAMENTO - Fabbisogni di involucro

ASILO

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	121,00
Qint	kWh	2.839,52	2.564,73	2.839,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.839,52	11.083,29
Qsol,w	kWh	739,09	752,70	1.274,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	661,04	3.427,21
Qsol,op	kWh	182,82	208,22	357,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	170,43	918,52
Qgn	kWh	3.578,61	3.317,43	4.113,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.500,57	14.510,50
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	4.712,82	4.466,95	1.831,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.659,93	15.671,53
Qr	kWh	517,94	460,18	533,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	555,88	2.067,77
QH,ve	kWh	1.030,79	977,01	400,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.019,22	3.427,67
QH,ht	kWh	6.078,73	5.695,92	2.409,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.064,59	20.248,45
gamma H	-	0,59	0,58	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	-
etaH,gn	-	0,98	0,99	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	-
QH,nd	kWh	2.553,89	2.425,71	35,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.611,65	7.626,51

AUDITORIUM

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	105,00
Qint	kWh	938,51	847,69	454,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	938,51	3.178,83
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol,op	kWh	59,39	67,09	56,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,31	238,61
Qgn	kWh	938,51	847,69	454,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	938,51	3.178,83
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	843,35	799,35	350,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	833,89	2.827,36
Qr	kWh	132,51	117,73	66,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	142,21	458,53
QH,ve	kWh	223,89	212,21	93,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	221,38	750,61
QH,ht	kWh	1.140,36	1.062,21	453,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.142,17	3.797,88
gamma H	-	0,82	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	-
etaH,gn	-	0,97	0,98	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	-
QH,nd	kWh	227,28	232,96	39,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	228,81	728,91

AULE SCOLASTICHE

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	94,00
Qint	kWh	6.633,15	5.991,23	855,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.633,15	20.113,41
Qsol,w	kWh	11.407,82	12.287,12	2.472,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10.263,48	36.431,15
Qsol,op	kWh	348,87	395,16	87,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	323,29	1.154,73
Qgn	kWh	18.040,97	18.278,35	3.328,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16.896,62	56.544,56
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	18.442,60	17.480,44	2.166,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.235,61	56.325,34
Qr	kWh	1.862,59	1.654,90	247,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.999,03	5.764,22
QH,ve	kWh	2.047,48	1.940,66	240,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.024,50	6.253,19
QH,ht	kWh	22.003,81	20.680,85	2.567,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21.935,86	67.188,02
gamma H	-	0,82	0,88	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	-
etaH,gn	-	0,86	0,84	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	-

QH,nd	kWh	6.460,27	5.383,63	308,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.064,86	19.217,56
-------	-----	----------	----------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------	----------	-----------

BIBLIOTECA

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	102,00
Qint	kWh	524,97	474,16	203,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	524,97	1.727,31
Qsol,w	kWh	1.181,59	1.283,98	700,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.120,84	4.287,19
Qsol,op	kWh	81,78	89,77	55,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,74	304,23
Qgn	kWh	1.706,55	1.758,14	903,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.645,80	6.014,50
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	2.212,21	2.096,79	747,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.187,38	7.244,35
Qr	kWh	274,54	243,93	109,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	294,65	922,64
QH,ve	kWh	79,16	75,03	26,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	78,27	259,23
QH,ht	kWh	2.484,13	2.325,98	828,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.483,56	8.122,00
gamma H	-	0,69	0,76	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	-
etaH,gn	-	0,97	0,95	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	-
QH,nd	kWh	831,60	652,90	85,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	881,83	2.451,35

INGRESSO

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	114,00
Qint	kWh	1.745,66	1.576,73	1.351,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.745,66	6.419,53
Qsol,w	kWh	1.875,24	2.571,68	3.201,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.569,24	9.217,18
Qsol,op	kWh	110,92	126,81	169,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	103,27	510,59
Qgn	kWh	3.620,91	4.148,40	4.552,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.314,90	15.636,71
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	6.189,54	5.866,63	3.919,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.120,07	22.095,53
Qr	kWh	624,95	555,27	498,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	670,73	2.349,59
QH,ve	kWh	155,44	147,33	98,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,69	554,88
QH,ht	kWh	6.859,01	6.442,41	4.346,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.841,23	24.489,42
gamma H	-	0,53	0,64	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	-
etaH,gn	-	0,97	0,94	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	-
QH,nd	kWh	3.356,03	2.547,61	750,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.607,22	10.260,93

LABORATORI DIDATTICI

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	118,00
Qint	kWh	2.577,57	2.328,13	2.328,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.577,57	9.811,41
Qsol,w	kWh	856,97	1.094,32	1.792,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	716,92	4.460,51
Qsol,op	kWh	173,44	197,50	311,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,94	843,51
Qgn	kWh	3.434,54	3.422,45	4.120,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.294,50	14.271,92
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	4.504,42	4.269,42	3.252,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.453,86	16.480,00
Qr	kWh	551,89	490,35	513,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	592,32	2.148,28
QH,ve	kWh	1.133,65	1.074,51	818,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.120,93	4.147,61
QH,ht	kWh	6.016,52	5.636,78	4.272,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.006,17	21.932,37
gamma H	-	0,57	0,61	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	-
etaH,gn	-	0,99	0,98	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	-
QH,nd	kWh	2.619,83	2.266,52	634,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.740,96	8.262,23

MENSA ASILO

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	121,00
Qint	kWh	507,44	458,33	507,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	507,44	1.980,64
Qsol,w	kWh	554,58	602,64	849,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	526,07	2.533,00
Qsol,op	kWh	44,09	51,91	90,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,80	227,35
Qgn	kWh	1.062,02	1.060,97	1.357,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.033,51	4.513,64

Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	1.278,86	1.212,14	497,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.264,51	4.252,58
Qr	kWh	157,36	139,81	162,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168,89	628,24
QH,ve	kWh	967,88	917,38	376,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	957,02	3.218,49
QH,ht	kWh	2.360,01	2.217,43	944,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.349,62	7.871,96
gamma H	-	0,45	0,48	1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	-
etaH,gn	-	0,99	0,98	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	-
QH,nd	kWh	1.310,97	1.173,02	58,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.327,64	3.869,68

MENSA SCUOLA

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	118,00
Qint	kWh	1.141,36	1.030,90	1.030,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.141,36	4.344,51
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol,op	kWh	75,13	86,95	137,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,64	369,54
Qgn	kWh	1.141,36	1.030,90	1.030,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.141,36	4.344,51
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	1.110,52	1.052,58	801,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.098,06	4.062,98
Qr	kWh	171,43	152,31	159,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	183,99	667,31
QH,ve	kWh	341,08	323,29	246,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	337,25	1.247,89
QH,ht	kWh	1.547,90	1.441,24	1.069,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.549,65	5.608,64
gamma H	-	0,74	0,72	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	-
etaH,gn	-	0,99	0,99	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	-
QH,nd	kWh	421,97	421,42	117,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	423,60	1.384,49

PALESTRA

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol,op	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QH,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QH,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
gamma H	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
etaH,gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
QH,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

SPOGLIATOI PALESTRA

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	121,00
Qint	kWh	332,78	300,57	332,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	332,78	1.298,90
Qsol,w	kWh	42,83	53,23	93,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,20	228,60
Qsol,op	kWh	37,82	42,61	74,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,24	189,80
Qgn	kWh	375,60	353,80	426,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	371,98	1.527,50
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	696,96	660,60	270,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	689,14	2.317,60
Qr	kWh	87,38	77,64	90,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,78	348,84
QH,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QH,ht	kWh	746,51	695,62	286,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	747,68	2.476,64
gamma H	-	0,50	0,51	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-
etaH,gn	-	1,00	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-
QH,nd	kWh	371,14	342,06	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	375,91	1.091,11

UFFICI

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	101,00
Qint	kWh	2.043,66	1.845,89	725,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.043,66	6.658,39
Qsol,w	kWh	471,14	659,93	419,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	389,87	1.940,89
Qsol,op	kWh	99,54	115,16	71,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,40	378,48
Qgn	kWh	2.514,80	2.505,82	1.145,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.433,53	8.599,28
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	2.679,14	2.539,37	834,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.649,07	8.702,35
Qr	kWh	323,27	287,23	118,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	346,95	1.075,67
QH,ve	kWh	556,73	527,69	173,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	550,48	1.808,37
QH,ht	kWh	3.459,61	3.239,12	1.055,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.454,12	11.207,92
gamma H	-	0,73	0,77	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	-
etaH,g	-	0,96	0,95	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	-
QH,nd	kWh	1.038,52	856,99	105,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.098,93	3.099,82

	LEGENDA
nn	numero giorni di riscaldamento
Qint	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Qsol,w	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetrati
Qsol,op	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Qgn	apporti totali di energia termica
Qd + Qg + Qu + Qa	scambi di energia termica totali verso esterno, terreno, ambienti non riscaldati, ambienti riscaldati adiacenti
Qr	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
QH,ve	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di riscaldamento
QH,ht	scambio di energia termica totale nel caso di riscaldamento
gamma H	rapporto apporti - dispersioni
etaH,g	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
QH,nd	fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento degli ambienti

UTA

UTA1 - Scuola

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Massa d'aria movimentata	kg	6.288.407,47	5.679.851,90	811.407,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.288.407,47	19.068.074,25
Qh,risc,nd	kWh	6.791,50	6.437,18	692,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.785,35	19.706,44

UTA2 - Laboratori, Biblioteca

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Massa d'aria movimentata	kg	902.461,51	815.126,53	815.126,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	902.461,51	3.435.176,09
Qh,risc,nd	kWh	974,68	923,83	695,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	830,28	3.424,37

UTA3 - Mensa, Auditorium

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Massa d'aria movimentata	kg	1.430.610,93	1.292.164,71	1.430.610,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.430.610,93	5.583.997,50
Qh,risc,nd	kWh	1.926,58	1.809,05	1.602,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.697,68	7.035,62

UTA4 - Mensa Asilo**FABBISOGNO DELLA BATTERIA**

Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Massa d'aria movimentata	kg	741.587,87	669.821,31	741.587,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	741.587,87	2.894.584,93
Qh,risc,nd	kWh	1.394,22	1.295,02	1.226,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.275,56	5.190,92

UTA5 - Asilo, Uffici, Ingresso**FABBISOGNO DELLA BATTERIA**

Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Massa d'aria movimentata	kg	2.500.874,19	2.258.854,11	2.500.874,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.500.874,19	9.761.476,69
Qh,risc,nd	kWh	2.700,96	2.560,05	2.134,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.300,82	9.695,93

UTA6 - Palestra**FABBISOGNO DELLA BATTERIA**

Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Massa d'aria movimentata	kg	5.537.324,92	5.001.454,77	5.537.324,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.537.324,92	21.613.429,52
Qh,risc,nd	kWh	7.456,95	7.002,06	6.201,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.570,98	27.231,82

Il fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale calcolato dal software certificato CTI Termolog EpiX 8, nel rispetto della UNI/TS 11300 parti 1 e 2, è pari a 130.122,52 kWh.

Climatizzazione estiva

I fabbisogni di energia frigorifera calcolati dal software Termolog EpiX 8, in condizioni standard, sono evidenziati nella tabella seguente.

RAFFRESCAMENTO - Fabbisogni di involucro**ASILO**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giori	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	30,00	31,00	31,00	30,00	19,00	0,00	0,00	164,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	2.106,74	2.747,92	2.839,52	2.839,52	2.747,92	1.740,35	0,00	0,00	15.021,98
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	1.165,29	1.693,37	1.734,81	1.631,51	1.294,77	700,83	0,00	0,00	8.220,57
Qsol,op	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	385,91	547,54	578,09	513,31	384,38	195,21	0,00	0,00	2.604,44
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	3.272,03	4.441,30	4.574,33	4.471,03	4.042,69	2.441,18	0,00	0,00	23.242,55
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	2.196,00	1.069,82	-640,01	-698,20	1.069,82	1.638,60	0,00	0,00	4.636,02
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	447,39	677,87	739,49	694,65	561,96	317,75	0,00	0,00	3.439,11
QC,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	480,31	233,99	-139,98	-152,71	233,99	358,39	0,00	0,00	1.013,99
QC,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	2.737,80	1.434,14	-618,59	-669,57	1.481,38	2.119,54	0,00	0,00	6.484,69

gamma C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	3,10	-7,39	-6,68	2,73	1,15	0,00	0,00	-
etaC, gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,00	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	603,16	3.007,16	5.192,92	5.140,60	2.561,32	391,87	0,00	0,00	16.897,03

AUDITORIUM

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,00	0,00	0,00	1,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	30,00	0,00	0,00	184,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	30,27	938,51	908,24	938,51	938,51	908,24	908,24	0,00	0,00	5.570,52
Qsol, w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol, op	kWh	0,00	0,00	0,00	4,54	171,63	177,23	188,02	166,94	125,50	100,96	0,00	0,00	934,82
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	30,27	938,51	908,24	938,51	938,51	908,24	908,24	0,00	0,00	5.570,52
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	25,02	593,47	191,44	-114,53	-124,94	191,44	926,98	0,00	0,00	1.688,89
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	4,60	154,27	173,42	189,19	177,72	143,77	128,36	0,00	0,00	971,32
QC,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	6,64	157,55	50,82	-30,41	-33,17	50,82	246,10	0,00	0,00	448,37
QC,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	31,72	733,67	238,46	-143,77	-147,34	260,53	1.200,47	0,00	0,00	2.173,76
gamma C	-	0,00	0,00	0,00	0,95	1,28	3,81	-6,53	-6,37	3,49	0,76	0,00	0,00	-
etaC, gn	-	0,00	0,00	0,00	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	1,17	207,81	669,78	1.082,28	1.085,85	647,70	2,39	0,00	0,00	3.696,98

AULE SCOLASTICHE

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,00	0,00	10,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	16,00	0,00	240,00
Qint	kWh	0,00	0,00	2.139,72	6.419,17	6.633,15	6.419,17	6.633,15	6.633,15	6.419,17	6.633,15	3.423,56	0,00	51.353,39
Qsol, w	kWh	0,00	0,00	6.181,82	18.924,19	20.195,88	20.998,54	21.702,95	21.000,21	19.121,13	18.268,90	7.517,80	0,00	153.911,41
Qsol, op	kWh	0,00	0,00	218,56	764,14	930,19	966,57	1.024,53	927,74	717,97	612,07	233,52	0,00	6.395,29
Qgn	kWh	0,00	0,00	8.321,54	25.343,36	26.829,02	27.417,72	28.336,10	27.633,36	25.540,30	24.902,05	10.941,36	0,00	205.264,80
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	8.235,57	20.271,43	12.978,13	4.186,49	-2.504,55	-2.732,24	4.186,49	11.839,69	9.750,00	0,00	66.211,02
Qr	kWh	0,00	0,00	619,22	1.940,36	2.168,53	2.437,75	2.659,35	2.498,10	2.020,90	1.864,40	1.076,09	0,00	17.284,70
QC,ve	kWh	0,00	0,00	748,47	1.842,32	1.179,49	380,48	-227,62	-248,31	380,48	1.076,02	886,11	0,00	6.017,44
QC,ht	kWh	0,00	0,00	9.384,69	23.289,98	15.395,96	6.038,15	-1.097,36	-1.410,19	5.869,90	14.168,05	11.478,68	0,00	83.117,87
gamma C	-	0,00	0,00	0,89	1,09	1,74	4,54	-25,82	-19,60	4,35	1,76	0,95	0,00	-
etaC, gn	-	0,00	0,00	0,79	0,87	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,82	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	952,64	5.014,74	11.803,21	21.381,27	29.433,45	29.043,55	19.672,46	11.062,85	1.542,56	0,00	129.906,72

BIBLIOTECA

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,00	0,00	0,00	21,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	4,00	0,00	209,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	355,62	524,97	508,03	524,97	524,97	508,03	524,97	67,74	0,00	3.539,29
Qsol, w	kWh	0,00	0,00	0,00	1.400,04	2.040,44	2.561,69	2.599,51	2.404,37	1.920,54	1.771,93	188,13	0,00	14.886,65

Qsol, op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	112,77	200,82	212,36	222,58	195,37	153,06	134,40	13,45	0,0 0	1.244,80
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.755,6 6	2.565,4 0	3.069,7 2	3.124,4 8	2.929,3 3	2.428,5 7	2.296,9 0	255,87	0,0 0	18.425,9 3
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.594,1 8	1.556,7 4	502,17	-300,42	-327,73	502,17	1.420,1 8	265,10	0,0 0	5.212,38
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	200,20	319,63	359,32	391,98	368,21	297,87	274,81	39,65	0,0 0	2.251,67
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	57,05	55,71	17,97	-10,75	-11,73	17,97	50,82	9,49	0,0 0	186,52
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.738,6 6	1.731,2 6	667,10	-141,78	-166,62	664,96	1.611,4 1	300,79	0,0 0	6.405,78
gamma C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	1,01	1,48	4,60	-22,04	-17,58	3,65	1,43	0,85	0,0 0	-
etaC, gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,86	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,78	0,0 0	-
QC,nd	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	259,79	892,01	2.402,6 8	3.266,2 6	3.095,9 5	1.763,8 3	749,16	21,59	0,0 0	12.451,2 7

INGRESSO

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	0,00	26,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	28,00	0,00	0,0 0	207,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.464,1 0	1.745,6 6	1.689,3 5	1.745,6 6	1.745,6 6	1.689,3 5	1.576,7 3	0,00	0,0 0	11.656,5 2
Qsol, w	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	4.714,7 2	6.879,9 8	7.089,2 2	7.105,8 0	6.192,7 7	4.444,2 2	2.965,4 1	0,00	0,0 0	39.392,1 1
Qsol, op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	222,73	324,25	339,14	358,13	316,02	235,67	175,59	0,00	0,0 0	1.971,53
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	6.178,8 2	8.625,6 5	8.778,5 7	8.851,4 6	7.938,4 3	6.133,5 7	4.542,1 4	0,00	0,0 0	51.048,6 3
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	5.709,2 8	4.355,6 0	1.405,0 3	-840,55	-916,97	1.405,0 3	3.513,0 7	0,00	0,0 0	14.630,4 9
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	564,24	727,61	817,94	892,29	838,18	678,07	565,02	0,00	0,0 0	5.083,35
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	143,38	109,38	35,28	-21,11	-23,03	35,28	88,22	0,00	0,0 0	367,41
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	6.194,1 7	4.868,3 4	1.919,1 1	-327,50	-417,84	1.882,7 2	3.990,7 3	0,00	0,0 0	18.109,7 3
gamma C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	1,00	1,77	4,57	-27,03	-19,00	3,26	1,14	0,00	0,0 0	-
etaC, gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,77	0,93	1,00	1,00	1,00	0,99	0,82	0,00	0,0 0	-
QC,nd	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.388,4 6	4.080,9 0	6.867,6 0	9.178,9 6	8.356,2 7	4.273,6 5	1.263,3 9	0,00	0,0 0	35.409,2 3

LABORATORI DIDATTICI

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	0,00	2,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	21,00	0,00	0,0 0	176,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	166,30	2.577,5 7	2.494,4 3	2.577,5 7	2.577,5 7	2.494,4 3	1.746,1 0	0,00	0,0 0	14.633,9 6
Qsol, w	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	154,14	2.634,7 6	2.577,4 2	2.724,6 7	2.568,3 1	2.047,8 1	1.091,4 8	0,00	0,0 0	13.798,6 0
Qsol, op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	27,19	520,21	543,77	574,44	503,33	372,30	206,53	0,00	0,0 0	2.747,78
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	320,44	5.212,3 3	5.071,8 4	5.302,2 5	5.145,8 9	4.542,2 4	2.837,5 8	0,00	0,0 0	28.432,5 6
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	269,38	3.169,7 8	1.022,5 1	-611,71	-667,32	1.022,5 1	1.772,4 4	0,00	0,0 0	5.977,58
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	38,33	642,54	722,31	787,97	740,19	598,80	374,22	0,00	0,0 0	3.904,35
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	67,80	797,75	257,34	-153,95	-167,95	257,34	446,08	0,00	0,0 0	1.504,41
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	348,31	4.089,8 5	1.458,3 9	-552,14	-598,42	1.506,3 4	2.386,2 1	0,00	0,0 0	8.638,56
gamma C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,92	1,27	3,48	-9,60	-8,60	3,02	1,19	0,00	0,0 0	-
etaC, gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,87	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,00	0,0 0	-

QC,n d	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	18,11	1.202,5 1	3.613,4 6	5.854,3 8	5.744,3 0	3.035,9 1	527,50	0,00	0,0 0	19.996,1 7
-----------	-----	----------	----------	------	-------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------	------	----------	---------------

MENSA ASILO

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	29,00	30,00	31,00	31,00	30,00	24,00	0,00	0,0 0	175,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	474,70	491,07	507,44	507,44	491,07	392,86	0,00	0,0 0	2.864,57
Qsol, w	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	854,41	1.130,9 7	1.121,6 8	1.074,1 9	895,64	643,87	0,00	0,0 0	5.720,76
Qsol, op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	123,74	140,40	147,84	131,55	98,21	61,79	0,00	0,0 0	703,52
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	1.329,1 1	1.622,0 4	1.629,1 1	1.581,6 3	1.386,7 1	1.036,7 3	0,00	0,0 0	8.585,33
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	805,67	290,30	-173,67	-189,46	290,30	595,27	0,00	0,0 0	1.618,41
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	171,39	205,95	224,68	211,05	170,74	121,95	0,00	0,0 0	1.105,75
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	268,14	96,62	-57,80	-63,06	96,62	198,12	0,00	0,0 0	538,64
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	1.121,4 6	452,47	-154,63	-173,01	459,45	853,54	0,00	0,0 0	2.559,28
gamm a C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	1,19	3,58	-10,54	-9,14	3,02	1,21	0,00	0,0 0	-
etaC, gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,00	0,0 0	-
QC,n d	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	254,38	1.169,5 7	1.783,7 5	1.754,6 4	927,28	213,95	0,00	0,0 0	6.103,56

MENSA SCUOLA

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	25,00	30,00	31,00	31,00	30,00	25,00	0,00	0,0 0	172,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	920,45	1.104,5 4	1.141,3 6	1.141,3 6	1.104,5 4	920,45	0,00	0,0 0	6.332,68
Qsol, w	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00
Qsol, op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	183,91	235,69	249,81	220,84	164,30	108,16	0,00	0,0 0	1.162,71
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	920,45	1.104,5 4	1.141,3 6	1.141,3 6	1.104,5 4	920,45	0,00	0,0 0	6.332,68
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	576,01	252,09	-150,81	-164,52	252,09	544,54	0,00	0,0 0	1.309,39
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	160,96	224,37	244,76	229,92	186,00	138,38	0,00	0,0 0	1.184,39
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	176,91	77,43	-46,32	-50,53	77,43	167,25	0,00	0,0 0	402,16
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	729,98	318,19	-202,18	-205,97	351,22	742,00	0,00	0,0 0	1.733,24
gamm a C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	1,26	3,47	-5,65	-5,54	3,14	1,24	0,00	0,0 0	-
etaC, gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,00	0,0 0	-
QC,n d	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	194,32	786,35	1.343,5 3	1.347,3 3	753,32	183,23	0,00	0,0 0	4.608,08

PALESTRA

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	14,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	25,00	0,0 0	253,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	1.045,26	2.239,85	2.314,51	2.239,85	2.314,51	2.314,51	2.239,85	2.314,51	1.866,54	0,0 0	18.889,38
Qsol, w	kWh	0,0 0	0,0 0	1.017,38	2.054,05	2.027,06	2.016,90	2.161,62	2.259,55	2.200,10	2.282,47	1.531,43	0,0 0	17.550,56
Qsol, op	kWh	0,0 0	0,0 0	151,94	382,03	469,05	484,66	514,22	463,77	357,74	302,42	180,52	0,0 0	3.306,35
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	2.062,64	4.293,90	4.341,57	4.256,75	4.476,13	4.574,06	4.439,95	4.596,98	3.397,97	0,0 0	36.439,94
Qd +	kWh	0,0	0,0	1.903,	3.118,1	1.655,7	-43,31	-	-	-43,31	1.432,0	2.482,0	0,0	7.685,67

Qg + Qu + Qa		0	0	65	1	8		1.387,2 7	1.432,0 2		2	1	0	
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	223,65	500,59	559,45	628,91	686,08	644,48	521,37	480,99	433,78	0,0 0	4.679,30
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	55,03	90,14	47,87	-1,25	-40,10	-41,40	-1,25	41,40	71,75	0,0 0	222,18
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	2.030,39	3.326,81	1.794,04	99,69	-1.255,52	-1.292,71	119,07	1.651,99	2.807,02	0,0 0	9.280,79
gamma C	-	0,0 0	0,0 0	1,02	1,29	2,42	42,70	-3,57	-3,54	37,29	2,78	1,21	0,0 0	-
etaC,gn	-	0,0 0	0,0 0	0,94	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,0 0	-
QC,nd	kWh	0,0 0	0,0 0	162,18	994,53	2.547,53	4.157,06	5.731,64	5.866,77	4.320,88	2.944,99	634,08	0,0 0	27.359,65

SPOGLIATOI PALESTRA

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	15,00	30,00	31,00	31,00	30,00	11,00	0,00	0,0 0	148,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	161,02	322,04	332,78	332,78	322,04	118,08	0,00	0,0 0	1.588,74
Qsol,w	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	66,96	140,80	150,10	133,99	100,47	28,89	0,00	0,0 0	621,21
Qsol,op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	51,76	110,46	117,16	104,27	78,97	23,48	0,00	0,0 0	486,11
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	227,98	462,84	482,88	466,77	422,51	146,97	0,00	0,0 0	2.209,95
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	191,38	158,21	-94,65	-103,25	158,21	126,86	0,00	0,0 0	436,76
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	49,22	114,36	124,76	117,19	94,81	31,04	0,00	0,0 0	531,37
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	5,01	4,14	-2,48	-2,70	4,14	3,32	0,00	0,0 0	11,44
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	193,86	166,26	-89,53	-93,04	178,19	137,73	0,00	0,0 0	493,46
gamma C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	1,18	2,78	-5,39	-5,02	2,37	1,07	0,00	0,0 0	-
etaC,gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,00	0,0 0	-
QC,nd	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	36,86	296,59	572,41	559,81	244,32	14,28	0,00	0,0 0	1.724,26

UFFICI

	Um	GE N	FE B	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DI C	TOTALI
nn	gior ni	0,0 0	0,0 0	0,00	19,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	0,00	0,0 0	203,00
Qint	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.252,57	2.043,66	1.977,74	2.043,66	2.043,66	1.977,74	2.043,66	0,00	0,0 0	13.382,70
Qsol,w	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.014,52	1.968,59	2.159,72	2.169,27	1.877,23	1.233,55	903,85	0,00	0,0 0	11.326,73
Qsol,op	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	152,34	308,00	325,19	342,61	298,10	217,56	176,23	0,00	0,0 0	1.820,02
Qgn	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	2.267,08	4.012,25	4.137,46	4.212,94	3.920,89	3.211,29	2.947,51	0,00	0,0 0	24.709,43
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	1.723,14	1.885,32	608,17	-363,83	-396,91	608,17	3.064,32	0,00	0,0 0	7.128,37
Qr	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	213,29	376,37	423,10	461,56	433,57	350,75	323,59	0,00	0,0 0	2.582,23
QC,ve	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	358,07	391,78	126,38	-75,61	-82,48	126,38	636,77	0,00	0,0 0	1.481,30
QC,ht	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	2.142,16	2.345,47	832,46	-320,49	-343,91	867,74	3.848,45	0,00	0,0 0	9.371,88
gamma C	-	0,0 0	0,0 0	0,00	1,06	1,71	4,97	-13,15	-11,40	3,70	0,77	0,00	0,0 0	-
etaC,gn	-	0,0 0	0,0 0	0,00	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	0,0 0	-
QC,nd	kWh	0,0 0	0,0 0	0,00	271,07	1.671,59	3.305,00	4.533,43	4.264,81	2.343,56	52,08	0,00	0,0 0	16.441,53

	LEGENDA
nn	numero giorni di raffrescamento
Q _{int}	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Q _{sol,w}	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetrati
Q _{sol,op}	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Q _{gn}	apporti totali di energia termica
Q _d + Q _g + Q _u + Q _a	scambi di energia termica totali verso esterno, terreno, ambienti non riscaldati, ambienti riscaldati adiacenti
Q _r	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
Q _{C,ve}	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di raffrescamento
Q _{C,ht}	scambio di energia termica totale nel caso di raffrescamento
gamma C	rapporto apporti - dispersioni
eta _{C,gn}	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
Q _{C,nd}	fabbisogno ideale di energia termica per il raffrescamento degli ambienti

UTA

UTA1 - Scuola

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Raffrescamento	Um	GE N	FE B	MA R	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Ht	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	36,09	42,99	49,61	57,27	60,15	55,17	47,57	35,47	0,00	384,32
Q _{vmh}	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	19,43	23,36	16,58	6,23	0,00	0,00	74,59
Q _v	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.169,91	9.304,50	11.186,24	7.682,75	2.982,29	0,00	0,00	35.325,69

UTA2 - Laboratori, Biblioteca

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Raffrescamento	Um	GE N	FE B	MA R	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Ht	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	36,09	42,99	49,61	57,27	60,15	55,17	47,57	35,47	0,00	384,32
Q _{vmh}	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	19,43	23,36	16,58	6,23	0,00	0,00	74,59
Q _v	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,62	1.786,45	2.147,74	1.475,08	572,60	0,00	0,00	6.782,49

UTA3 - Mensa, Auditorium

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Raffrescamento	Um	GE N	FE B	MA R	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Ht	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	36,09	42,99	49,61	57,27	60,15	55,17	47,57	35,47	0,00	384,32
Q _{vmh}	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	19,43	23,36	16,58	6,23	0,00	0,00	74,59
Q _v	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	372,27	830,67	998,66	685,88	266,25	0,00	0,00	3.153,73

UTA4 - Mensa Asilo

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Raffrescamento	Um	GE N	FE B	MA R	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Ht	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	36,09	42,99	49,61	57,27	60,15	55,17	47,57	35,47	0,00	384,32
Q _{vmh}	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	19,43	23,36	16,58	6,23	0,00	0,00	74,59
Q _v	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	253,14	564,85	679,09	466,40	181,05	0,00	0,00	2.144,53

FABBISOGNO DELLA BATTERIA

Raffrescamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Ht	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	36,09	42,99	49,61	57,27	60,15	55,17	47,57	0,00	0,00	348,85
Qvmh	kJ/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	19,43	23,36	16,58	6,23	0,00	0,00	74,59
Qv	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.902,97	6.477,53	7.787,55	5.348,52	1.875,27	0,00	0,00	24.391,85

Capitolo 3 – Impianti Termotecnici

I sistemi impiantistici termotecnici adottati per il Polo Scolastico oggetto della relazione sono stati pensati per il raggiungimento dello standard prestazionale nZEB (Nearly Zero Energy Building) ossia quella classe di edifici ad elevata prestazione energetica che minimizzano i consumi legati al riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, utilizzando energia da fonti rinnovabili, elementi passivi di riscaldamento e raffrescamento, sistemi di ombreggiamento e garantendo un'adeguata qualità dell'aria interna e un'adeguata illuminazione naturale in accordo con le caratteristiche architettoniche dell'edificio. In particolare, il sistema radiante a pavimento, grazie alle basse temperature di funzionamento in regime invernale (40°C-30°C) è la soluzione impiantistica che meglio si presta al raggiungimento di questo standard, soprattutto se si associa ad un unico generatore in grado di produrre acqua calda a bassa temperatura e/o acqua refrigerata, come una pompa di calore ad elevato indice di prestazione energetica (COP).

Un impianto di ventilazione meccanica controllata, negli edifici ad alto risparmio energetico, diventa dunque indispensabile per la qualità dell'aria e per garantire il benessere delle persone e delle strutture regolando l'umidità esistente.

Il sistema impiantistico per il Polo Scolastico, viene di conseguenza individuato in un impianto misto ad aria primaria con terminali emissivi in ambiente a pannello radiante. Tuttavia, in alcuni ambienti, con particolare destinazioni d'uso, le scelte tecniche ricadono su una diversa soluzione impiantistica, come gli impianti a tutt'aria. Nel presente paragrafo verranno descritte le due tipologie di impianto (misto e impianto a tutt'aria) e analizzate le scelte tecniche che hanno portato alla preferenza di una o dell'altra soluzione.

- Impianto misto

Un impianto termotecnico misto si caratterizza per la presenza di una sezione per il trattamento dell'aria primaria HVAC e da un anello di distribuzione dove il fluido termovettore consente lo scambio energetico tra acqua ed aria ambiente attraverso un terminale emissivo, come un ventilconvettore o un sistema radiante. La portata di aria primaria immessa nei singoli locali deve rispondere a diverse condizioni:

- regolare i carichi latenti in ambiente, soprattutto durante il periodo estivo, dovuto alla presenza delle persone;
- garantire il minimo ricambio con aria esterna;
- controllare l'umidità dell'ambiente.
- mantenere nei locali una sovrappressione.

Il controllo dei carichi sensibile e la regolazione della temperatura ambiente è a carico del terminale emissivo.

- Impianto a tutt'aria

Con un impianto a tutt'aria vengono controllate tutte le grandezze climatiche in ambiente (temperatura, umidità, purezza e velocità dell'aria). In questo caso l'aria immessa deve regolare sia i carichi sensibili che quelli latenti, legati alla presenza delle persone, che i carichi termici legati alle dispersione delle strutture.

I criteri di scelta progettuale che hanno portato alla selezione di una soluzione impiantistica rispetto all'altra sono i seguenti:

- Possibilità di effettuare il recupero di calore e/o il ricircolo dell'aria estratta. Per gli ambienti come le mense, le cucine o altri ambienti dove si effettuano particolari lavorazioni, in cui l'aria ambiente può trasportare sostanze maleodoranti e comunque che possono peggiorarne la qualità olfattiva, il recupero di calore sull'aria estratta, soprattutto se i sistemi rigenerativi sono a flussi incrociati o rotativi, a cause delle non perfette tenute all'interno delle Unità di trattamento aria, non viene effettuato.

- Assenza di terminali emissivi a ventilconvettori e pannelli radianti. Laddove la realizzazione di un anello di acqua per la distribuzione del fluido termovettore verso terminali risulta onerosa o comunque tecnicamente sveniente, anche per la bassa frequenza di utilizzo dei locali da climatizzare, un impianto a tutt'aria è preferibile, per le sue minori inerzie di messa a regime.

- Indipendenza del sistema di climatizzazione. Un impianto a tutt'aria è progettato con un generatore dedicato, di conseguenza, la sua accensione, non comporta la messa in servizio di un secondo generatore per alimentare l'anello di acqua ai terminali radianti. L'impianto a tutt'aria, sotto questo punto di vista risulta più flessibile in quanto, la potenza richiesta, è solamente quella da fornire alle batterie di

scambio dell'Unità di trattamento dell'aria e non quella da fornire sia ai terminali ad acqua che alle batterie di trattamento aria come invece accade in un impianto misto.

DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

Prima di descrivere il dimensionamento degli impianti è bene individuare una precisa zonizzazione dove raggruppare i diversi ambienti da climatizzare. Questi sono stati suddivisi, come definito al capitolo 2 in 11 zone termiche (Asilo, Mensa Asilo, Uffici, Ingresso, Biblioteca, Auditorium, Mensa scuola, Laboratori didattici, Aule scolastiche, Palestra, Spogliatoi Palestra). La suddivisione per zone termiche dell'edificio scolastico implica una ripartizione netta dei diversi sistemi impiantistici. Ogni sistema è dunque in grado di servire più zone termiche delimitate da una linea di confine denominata limite di impianto. Ogni limite di impianto comprende una generatore a pompa di calore per la produzione centralizzata di acqua calda e/o refrigerata.

- Limite di impianto 1: comprende la zona termiche delle Aule scolastiche;
- Limite di impianto 2: comprende le zone termiche dei Laboratori didattici e della biblioteca;
- Limite di impianto 3: comprende le zone termiche della Mensa scolastica e dell'Auditorium;
- Limite di impianto 4: comprende le zone termiche degli Uffici, dell'Asilo, della Mensa asilo e dell'Ingresso;
- Limite di impianto 5: comprende le zone termiche della Palestra e degli Spogliatoi.

1 Determinazione della portata di aria primaria

La portata di aria primaria si determina in base alla tipologia di impianto e alla destinazione di uso del locale da climatizzare. In un impianto misto consente il ricambio igienico e viene dimensionata in funzione del numero di persone presenti. Si impone pertanto che in ciascuna zona, l'aria esterna immessa, sia almeno pari a quella prescritta dalle vigenti normative (UNI 10339) negli ambienti.

Per un impianto a tutt'aria invece, oltre che consentire il ricambio igienico, deve provvedere al soddisfacimento dei carichi interi pertanto, viene determinata sulla base degli apporti termici negli ambienti da regolare.

Le caratteristiche, in termini di portata di una centrale di trattamento aria, dipende dunque dal numero di locali da servire e dalla tipologia di impianto che si intende realizzare. Secondo la suddivisione di cui sopra, si dimensionano sei distinte Unità di Trattamento dell'Aria:

	portata [m ³ /h]	tipologia impianto	zone termiche
UTA 1	20.600	misto	Aule scolastiche

UTA 2	4.484	misto	Lab. Didattici, Biblioteca
UTA 3	9.852	tutt'aria	Mensa scolastica, Auditorium
UTA 4	1.738	tutt'aria	Mensa Asilo
UTA 5	11.143	misto	Asilo, Uffici, Ingresso
UTA 6	8.000	tutt'aria	Palestra, Spogliatoi

2 Unità di trattamento Aria

Ogni unità di trattamento aria componibile è essenzialmente costituita da una sezione ventilante e da una o più batterie di scambio termico, integrate da una pluralità di sezioni accessorie comprendenti camere di miscela, serrande frontali e di bypass, recuperatori di calore, sezioni umidificanti e filtri di diversa efficienza.

Una singola UTA necessita di una serie di opere impiantistiche quali:

- una rete di distribuzione dell'aria trattata verso gli ambienti e una per la ripresa della stessa;
- un gruppo refrigeratore e un generatore di calore;
- elettropompe per la circolazione dei fluidi, dal gruppo di generazione alle batterie;
- apparecchiature accessorie di regolazione.

Le Unità di Trattamento Aria vengono installate in appositi locali tecnici unitamente alle apparecchiature ausiliarie (elettropompe, quadro di controllo, ecc.). Le potenze delle batterie di scambio termico sono state determinate in funzione delle portate di aria primaria da scaldare o raffreddare a partire dalle condizioni di temperatura e umidità esterne fino alle condizioni interne di progetto.

In funzione del regime di funzionamento, una centrale di trattamento aria, deve essere in grado di effettuare i seguenti trattamenti:

regime invernale - recupero termico, preriscaldamento, umidificazione adiabatica, postriscaldamento;

regime estivo - recupero termico, raffreddamento, deumidificazione, postriscaldamento.

A partire dalle condizioni invernali esterne di progetto ($T_e=5^{\circ}\text{C}$, $UR=80\%$), la centrale di trattamento deve portare l'aria, secondo le trasformazioni rappresentate nel diagramma psicrometrico nella figura seguente, alle condizioni interne di progetto di $T_{imm.}=20^{\circ}\text{C}$ e $UR=50\%$.

Ogni trasformazione viene effettuata attraverso una sezione di trattamento dell'UTA trasferendo una certa potenza termica attraverso una batteria di scambio. Le trasformazioni avvengono a temperatura

via via maggiori e la prima è effettuata attraverso il recuperatore di calore a spese dell'aria estratta. La seconda trasformazione prevede un preriscaldamento dell'aria attraverso una batteria ad acqua calda a cui segue un processo di umidificazione adiabatica che, porta l'umidità dell'aria esterna fino al valore di progetto. L'ultima trasformazione è il postriscaldamento fino alla temperatura di immissione per mezzo di una seconda batteria ad acqua calda. La somma delle potenze termiche da fornire alle batterie di preriscaldamento e di postriscaldamento rappresenta la potenza termica da fornire alla UTA attraverso il generatore di calore.

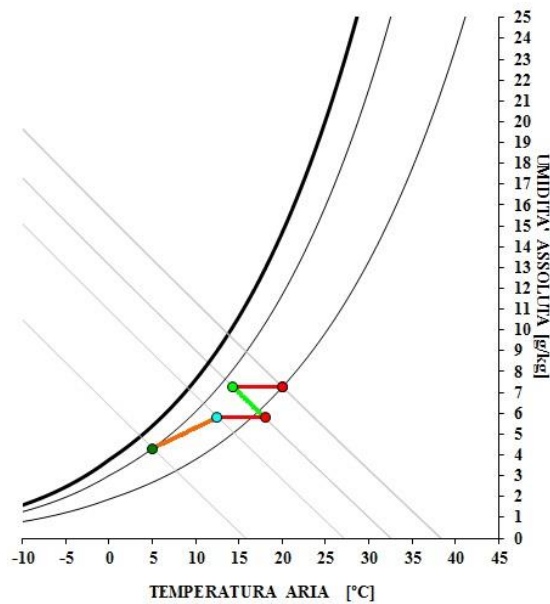


Figura 3.1 – Trasformazioni dell'aria rappresentate sul diagramma psicrometrico in regime invernale.

Le condizioni estive esterne di progetto ($T_e=35^\circ\text{C}$, $UR=45\%$), sono diverse e la centrale di trattamento deve ridurre la temperatura dell'aria fino alla temperatura di saturazione per abbatterne l'umidità. Le trasformazioni sono rappresentate nel diagramma psicrometrico di figura 3.2. Le condizioni interne di immissione sono di $T_{imm.}= 26^\circ\text{C}$ e $UR=50\%$.

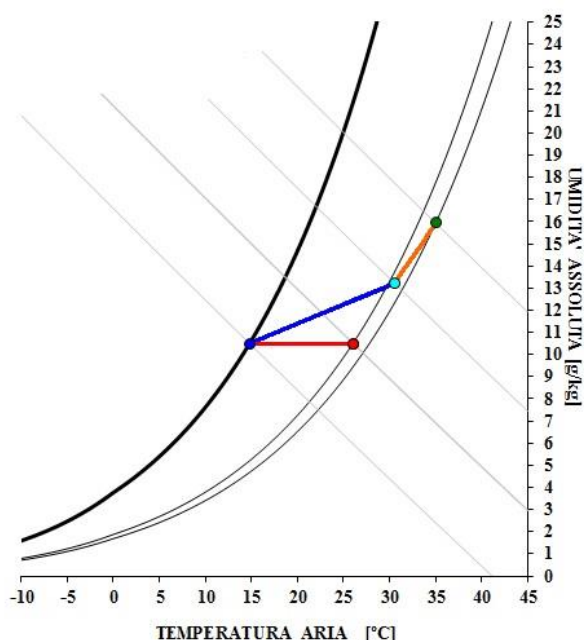


Figura 3.2 – Trasformazioni dell'aria rappresentate sul diagramma psicrometrico in regime invernale.

Le trasformazioni avvengono a temperature decrescente, la prima trasformazione è a spese del recuperatore seguita da un raffreddamento dell'aria, fino alla temperatura di saturazione, e deumidificazione. Il postriscaldamento estivo si rende necessario per portare la temperature dell'aria raffreddata fino alle condizioni di immissione. La potenza frigorifera della batteria di raffreddamento corrisponde con la potenza frigorifera della macchina.

Si riportano di seguito le potenzialità termiche e frigorifere delle batterie delle Unità di Trattamento dell'aria.

Condizioni di progetto invernali

	T [C°]	UR
Aria esterna	5	80%
Aria ambiente	20	50%
Efficienza recupero calore		50%

UTA 1	portata [mc/h]	pre-riscaldamento	umidificazione Ad	post-riscaldamento	potenza totale
		23,5 kW	efficienz. 66%	46,8 kW	70,3 kW
UTA 2	portata [mc/h]	pre-riscaldamento	umidificazione Ad	post-riscaldamento	potenza totale
		6,6 kW	efficienz. 61%	8,7 kW	15,3 kW
UTA 3	portata [mc/h]	pre-riscaldamento	umidificazione Ad	post-riscaldamento	potenza totale
		22,5 kW	efficienz. 79%	25,2	47,7 kW
UTA 4	portata [mc/h]	pre-riscaldamento	umidificazione Ad	post-riscaldamento	potenza totale

	1.738	5,3 kW	efficienz. 79%	5,5 kW	11 kW
UTA 5	portata [mc/h]	pre-riscaldamento	umidificazione Ad	post-riscaldamento	potenza totale
	11.143	16,4 kW	efficienz. 61%	21,7 kW	38 kW
UTA 6	portata [mc/h]	pre-riscaldamento	umidificazione Ad	post-riscaldamento	potenza totale
	8.000	21 kW	efficienz. 66%	42,3 kW	63,3 kW

Condizioni di progetto estive

	T [C°]	UR
Aria esterna	35	45%
Aria ambiente	26	50%
Efficienza recupero calore		50%

UTA 1	portata [mc/h]	potenza frigo tot.
	20.600	110 kW
UTA 2	portata [mc/h]	potenza frigo tot.
	4.484	26 kW
UTA 3	portata [mc/h]	potenza frigo tot.
	9.852	63 kW
UTA 4	portata [mc/h]	potenza frigo tot.
	1.738	11 kW
UTA 5	portata [mc/h]	potenza frigo tot.
	11.143	64,5 kW
UTA 6	portata [mc/h]	potenza frigo tot.
	8.000	-

3 Sistema radiante

Il sistema radiante ha lo scopo di annullare i carichi variabili (soleggiamento, carichi interni) e non è richiesto che deumidifichi; pertanto può funzionare in ciclo estivo con acqua refrigerata in ingresso a temperature di 16-18°C. Durante tale periodo, deve inoltre fornire la potenza termica necessaria per

ridurre la temperatura dell'aria primaria dal valore di immissione a quello di progetto e viceversa, nel periodo invernale, per innalzarla dal valore di immissione al valore di progetto.

La regolazione della temperatura ambientale avviene agendo, con caratteristica proporzionale, mediante valvole termostatiche inserite sulla alimentazione dei sistemi radianti, la potenza così immessa, viene regolata in funzione della temperatura rilevata da un termostato ambiente, e il sistema, mantiene le condizioni termiche richieste inseguendo in ogni istante i carichi interni variabili.

La potenzialità del sistema radiante, necessaria a mantenere negli ambienti la temperatura invernale di $21\pm 1^{\circ}\text{C}$, e la temperatura estiva di $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, come specificato da norma, è determinata dal software di simulazione Termolog Epix 8, in funzione della temperatura di immissione dell'aria primaria e dei carichi sensibili e latenti ambiente per ambiente.

zone termiche	potenza frigorifera [kW]	potenza termica [kW]
Aule scolastiche	173,4	104,7
Asilo	25,5	32,4
Uffici	10,6	17,4
Biblioteca	16,8	9,1
Lab. Didattici	54	54,5

4 La Pompa di Calore

Come accennato, ogni limite di impianto prevede un generatore in pompe di calore. La potenza termica di ogni pompa di calore viene determinata sommando la potenzialità delle batterie di scambio dell'Unità di Trattamento Aria servita e la potenzialità dei pannelli radianti delle zone termiche relative, sia in regime estivo che in regime invernale.

	Limite impianto	zone termiche	potenza frigorifera [kW]	potenza termica [kW]
PDC 1	Limite IMP. 1	Aule scolastiche	283,4	175
PDC 2	Limite IMP. 2	Lab. Didattici, Biblioteca	96,8	93,6
PDC 3	Limite IMP. 3	Mensa scolastica, Auditorium	63	47,7
PDC 4	Limite IMP. 4	Mensa asilo, Asilo, Uffici, Ingresso	129,8	130,8
PDC 5	Limite IMP. 4	Palestra, Spogliatoi		63,3

A partire dalle potenze così determinate vengono scelte le taglie delle rispettive pompe di calore.

Vengono scelti dei modelli da installazione interna, dato le caratteristiche dei locali tecnici che andranno ad ospitare le macchine. Le pompe di calore sono compatibili per impianti a due tubi con l'unica prescrizione di essere dotate di recuperatore di calore, necessari ad alimentare le batterie ad acqua calda, di postriscaldamento delle UTA, durante il funzionamento in regime estivo.

Le pompe di calore, devono avere potenze ed indici di efficienza come quelle riportate nel quadro seguente. Il modello di riferimento è la pompa di calore tipo AERMEC NLC-HE con gruppo idronico integrato.

	Limite impianto	zone termiche	potenza frigorifera [kW]	potenza termica [kW]	COP	EER
PDC 1	Limite IMP. 1	Aule scolastiche	273	313	2,94	2,4
PDC 2	Limite IMP. 2	Lab. Didattici, Biblioteca	97,6	110	2,92	2,4
PDC 3	Limite IMP. 3	Mensa scolastica, Auditorium	63,4	70,9	2,91	2,45
PDC 4	Limite IMP. 4	Mensa asilo, Asilo, Uffici, Ingresso	136,5	156,99	2,88	2,39
PDC 5	Limite IMP. 4	Palestra, Spogliatoi		70,9	3,1	

DESCRIZIONE DEI SISTEMI IMPIANTISTICI

- Limite impianto 1

Include la porzione di edificio destinata alla Scuola Primaria e Secondaria. In ogni aula è presente un sistema radiante a pavimento per il controllo dei carichi interni. Nel locale tecnico, alla destra dell'ingresso principale dell'edificio, è allocata la centrale di trattamento aria. L'unità componibile è realizzata su due sezione sovrapposte per ridurre al massimo gli ingombri ed effettuare i seguenti trattamenti dell'aria primaria:

regime invernale - recupero termico, preriscaldamento, umidificazione adiabatica, postriscaldamento;

regime estivo - recupero termico, raffreddamento, deumidificazione, postriscaldamento.

La sezione ventilante della macchina provvede alla diffusione dell'aria in ambiente attraverso una rete di condotte aerauliche. A monte del terminale emissivo, che dovrà essere ad elevata induzione, in modo da poter garantire un'ottima miscelazione e quindi distribuzione uniforme della temperatura, è installato un regolatore di portata.

La regolazione della portata d'aria variabile viene effettuata da un sistema di controllo che, per mezzo di un sensore di CO2 ed umidità, è in grado di immettere in ambiente il quantitativo esatto d'aria, per il mantenimento delle condizioni di salubrità e igrometriche di set-point.

Un ulteriore sensore di pressione differenziale, agendo sull'inverter dei ventilatori, ne fa variare il numero di giri per garantire una pressione costante all'interno di tutto il condotto di distribuzione. In questo modo tutte le richieste di variazione locali di portata non creeranno alcuno scompenso alle portate delle altre utenze. Il sistema di controllo si compone dei seguenti elementi:

- Elemento di misura della portata d'aria (sonda di Δp dinamico);
- Elemento di regolazione (il regolatore di portata), che riceve un'informazione reale relativa alla misura della portata d'aria ed un'informazione relativa alla richiesta dell'ambiente.

Questo regolatore analizza la differenza tra la misura reale e la richiesta dell'ambiente al fine di trasmettere un comando ad un organo motorizzato (la serranda) che agisce sulla portata d'aria fino ad ottenere il valore di consegna chiudendo in caso di eccedenza ed aprendo in caso di mancanza d'aria. Nel caso di portata variabile, il set point della portata è variabile da un valore massimo ad un valore minimo in funzione della regolazione di CO₂ ed umidità. Il sistema lavorerà sempre in modo da mantenere la portata richiesta in quell'istante per soddisfare le esigenze dell'ambiente.

Ogni locale sarà mantenuto in leggera sovrappressione d'aria per evitare ingressi di aria fredda da zone non riscaldate ed eventuali infiltrazioni attraverso i serramenti. Un sensore differenziale di pressione tra il canale di immissione e quello di ripresa, aziona il regolatore di velocità della sezione ventilante, in aspirazione, sulla UTA, per mantenere il valore di set-point.

Dai servizi igienici invece viene effettuata solamente l'estrazione d'aria attraverso dei sistemi ventilanti. Questi ambienti risulteranno così in depressione e l'aria di rinnovo verrà richiamata dai locali a pressione positiva garantendo i volumi di ricambio necessari secondo normativa vigente.

La produzione centralizzata di acqua calda e refrigerata avviene per mezzo di una pompa di calore aria/acqua (PDC1) posta in un locale tecnico interrato, al di sotto della centrale di trattamento aria. Il fluido termovettore è distribuito, mediante una rete di tubazioni servite da elettropompe a velocità variabile, alle batterie di scambio della UTA 1 e ai sistemi terminali radianti per il trasferimento energetico dall'acqua all'aria. La pompa di calore, durante il funzionamento estivo, alimenta con acqua refrigerata la sezione di deumidificazione della UTA e con acqua calda, prodotta attraverso il recuperatore della pompa di calore, la batteria di postriscaldamento, necessaria a portare a temperatura neutra l'aria da immettere in ambiente. I circolatori a velocità variabile, sono regolati da un sensore di pressione che, agendo sull'inverter, varia la velocità di rotazione della pompa per mantenere la portata necessaria di fluido nel circuito, in funzione dell'apertura della valvole termostatiche, quindi con una legge di regolazione a pressione proporzionale.

- Limite impianto 2

Comprende la porzione di edificio occupata dai laboratori didattici e dalla biblioteca. Queste zone termiche sono caratterizzate da un impianto radiante a pavimento presente nei laboratori didattici e nella

biblioteca, in quanto sono quelli con una maggiore frequenza di utilizzo, e da un sistema di ventilazione per il ricambio dell'aria negli ambienti e il controllo igrometrico.

La centrale di trattamento aria è situata nel locale tecnico tra i laboratori didattici e gli spazi comuni mentre, la pompa di calore (PDC2) del tipo aria/acqua con recuperatore di calore, è posta in un locale tecnico interrato, al di sotto della UTA. Nel locale tecnico interrato saranno installati inoltre tutti i sistemi di circolazione, distribuzione e regolazione.

Nella centrale di trattamento aria, si effettuano gli stessi trattamenti esposti al punto precedente:

regime invernale - recupero termico, preriscaldamento, umidificazione adiabatica, postriscaldamento;

regime estivo - recupero termico, raffreddamento, deumidificazione, postriscaldamento.

L'aria primaria viene immessa negli ambienti in condizioni neutre secondo la modalità descritta riguardo il sistema con caratteristiche di portata variabile, il carico termico viene regolato dal radiante a pavimento con termostato ambiente.

- Limite impianto 3

Individua gli spazi occupati dall'auditorium e dalla mensa scolastica. In questi ambienti il servizio di climatizzazione e di riscaldamento è effettuato da un impianto a tutt'aria attraverso una centrale di trattamento dedicata. Il locale tecnico dove è allocata la UTA 3 è situato in prossimità della mensa. La pompa di calore (PDC3) aria/acqua con recuperatore, i sistemi di pompaggio e le tubazioni di distribuzione, sono installati nel vano tecnico interrato al di sotto della centrale di trattamento aria.

Questo sistema impiantistico conserva le medesime caratteristiche di regolazione e di trattamenti dell'aria estivo e invernale degli impianti già presentati pertanto, la portata di aria, verrà modulata in funzione del tasso di occupazione negli ambienti e del tasso di umidità, ma non verrà più immessa in ambiente in condizioni neutre bensì, le nuove condizioni di immissione, dovranno essere tali da compensare i carichi termici in ambiente. La mancanza del sistema radiante impone di operare in queste condizioni.

La ripresa dell'aria verrà effettuata esclusivamente dall'auditorium e regolata in modo da mantenere una leggera sovrappressione in ambiente onde evitare infiltrazioni di aria provenienti da ambienti più freddi o infiltrazioni di aria provenienti dalla mensa che potrebbero trasportare odori, alterando la qualità dell'aria. Per questo stesso motivo, la ripresa dell'aria effettuata sulla mensa scolastica, con ventilatori dedicati verrà direttamente espulsa in ambiente esterno, senza effettuarne il recupero termico attraverso la UTA 3.

- Limite impianto 4

Riguarda la porzione di edificio destinata all'asilo, agli uffici, agli spazi comuni e alla mensa. Per le zone termiche delle aule dell'asilo e degli uffici, il sistema impiantistico è di tipo misto con pannelli radianti a pavimento per il soddisfacimento dei carichi termici in ambiente, coadiuvati dalla ventilazione meccanica per il rinnovo dell'aria e il controllo igrometrico. La diffusione dell'aria in ambiente, attraverso la rete dedicata di condotte aerauliche, ha caratteristiche di regolazione a portata variabile con regolazione basata su sonda di CO2 e umidità.

La zona termica relativa agli spazi comuni, destinati ad attività ricreative al di fuori degli orari di lezione, prevede una diversa tipologia di impianto di climatizzazione misto, con controllo dei carichi termici in ambiente attraverso terminale emissivo caratterizzato da unità fan coils e ventilazione meccanica per il controllo del livello di salubrità dell'aria.

Le zone termiche di mensa e cucina dell'asilo sono climatizzate con un impianto a tutt'aria con una unità che svolge i seguenti trattamenti:

regime invernale - preriscaldamento, umidificazione adiabatica, postriscaldamento;

regime estivo - raffreddamento, deumidificazione, postriscaldamento.

In questo caso viene a mancare il recupero termico sia in regime invernale che in regime estivo per il semplice motivo che l'aria di espulsione, carica delle esalazioni prodotte durante la preparazione dei pasti, viene espulsa in ambiente esterno. In questo modo si garantisce una migliore qualità dell'aria. Anche per questo impianto le caratteristiche di regolazione consentono di variarne la portata e, le condizioni di immissione, devono essere tali da poter soddisfare i carichi termici in ambiente. Questo aspetto viene soddisfatto attraverso la regolazione sulla portata di acqua inviata alle batterie della centrale di trattamento. Una sonda di temperatura posta in ambiente, regola l'apertura della valvola di regolazione su ogni singola batteria mentre, i circolatori a portata variabile, leggendo in ogni istante la pressione dell'acqua sul circuito, variano la propria velocità proporzionalmente al grado di apertura della valvola garantendo al sistema la portata necessaria.

I locali tecnici destinati alle macchine sono ripartiti in maniera baricentrica rispetto ai locali da servire. La centrale di trattamento aria (UTA 4) che regola la climatizzazione della mensa è ubicata a ridosso di questa. Nello stesso locale trova spazio la pompa di calore PDC4 per la produzione centralizzata di acqua calda e refrigerata. La pompa di calore ha taglia utile per il soddisfacimento termico richiesto dai seguenti circuiti:

- batterie acqua preriscaldamento, raffreddamento e deumidificazione, postriscaldamento delle centrali di trattamento aria della mensa e dell'asilo/uffici;
- sistema radiante asilo/uffici;
- anello distribuzione fan coils degli spazi comuni.

Il locale tecnico dove è inserita la centrale di trattamento aria (UTA 5) che garantisce il rispetto della qualità dell'aria per gli uffici, le aule dell'asilo e la gli spazi comuni trova spazio nella parte posteriore dell'edificio scolastico tra il blocco destinato all'asilo e gli uffici.

- Limite impianto 5

Comprende la sola zona termica dedicata esclusivamente alla palestra. Il riscaldamento e il trattamento igrometrico dell'aria, in questo caso, viene effettuato da un impianto a tutt'aria attraverso la centrale di trattamento UTA 6. Il locale tecnico è situato nella parte posteriore del palazzetto sportivo. La centrale provvederà ad effettuare i soli trattamenti invernali di recupero termico, preriscaldamento, e umidificazione adiabatica dell'aria in quanto, le attività sportive, durante il periodo sia primaverile che estivo, saranno effettuate presso i campi da gioco e spazi esterni. La regolazione viene effettuata sulla variazione della portata in funzione della CO2 ed umidità misurata in ambiente e, essendo un impianto a tutt'aria, la portata minima immessa deve essere tale da soddisfare i carichi termici e compensare le dispersione della struttura verso l'ambiente esterno. La centrale di trattamento è alimentata da una pompa di calore aria/acqua destinata esclusivamente a questo scopo. Non effettuando il postriscaldamento in regime estivo, non si richiede la presenza del recuperatore di calore. La pompa di calore (PDC5) con tutti i sistemi di pompaggio, distribuzione e regolazione sono installati nel vano tecnico interrato realizzato al di sotto della centrale di trattamento aria.

La temperatura dell'aria immessa viene effettuata regolando la portata di acqua alle batterie attraverso i sistemi impiantistici descritti al punto precedente.

La gestione e regolazione degli impianti è affidata ad un sistema di domotica BACS, Building & Automation Control System, che rappresenta la rete di automazione dell'edificio e consente, attraverso un sistema di controllo intelligente, la riduzione dei consumi energetici, intervenendo sull'impianto HVAC secondo le dinamiche di variazione della portata dei fluidi come descritto. Il sistema BACS ha infatti il compito di utilizzare e regolare al meglio gli impianti tecnologici in risposta al mutare delle condizioni ambientali esterne e degli apporti interni per assicurare sempre il massimo comfort possibile agli occupanti dell'edificio. Tali condizioni vengono rilevati dai sensori presenti negli ambienti e i parametri, inviati all'unità controllore che gestisce la regolazione delle macchine sottoposte.

Oltre che per il comfort, i sistemi di regolazione e controllo permettono di misurare l'energia termica ed elettrica impiegata e migliorare, a posteriori, l'efficienza energetica nell'edificio.

- Produzione di ACS

L'acqua calda sanitaria viene prodotta mediante dei **bollitori con pompa di calore** per i servizi igienici. Tale sistema combina una pompa di calore aria-acqua ad alta efficienza ed un serbatoio inerziale per l'accumulo dell'acqua calda sanitaria in un unico dispositivo permettendo così di ridurre al minimo gli

ingombri. Il volume di accumulo viene dimensionato secondo norma UNI 11300. Questa gestione permette di ridurre i costi per la realizzazione di una rete di distribuzione dalle centrali termiche fino ai servizi serviti e dei sistemi di pompaggio rendendo l'impianto di produzione ACS più flessibile.

Capitolo 4 – Aspetti Illuminotecnici

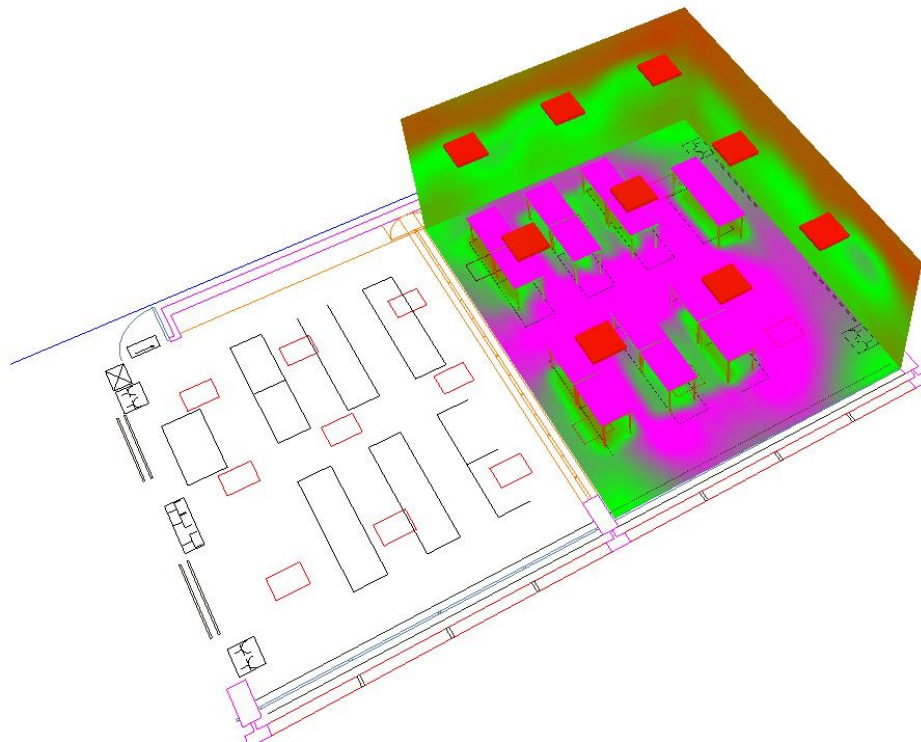
Per quanto riguarda gli aspetti illuminotecnici questi sono stati studiati per **garantire in ciascun ambiente il comfort termico visivo e illuminotecnico**. Particolare attenzione è stata posta anche all'integrazione della luce diurna all'interno degli ambienti in modo da garantire il rispetto dei requisiti illuminotecnici della norma UNI10840, la quale interpreta ed applica al caso specifico la norma generale UNI EN 12464-1:2011 **“Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni”**, assicurando al contempo elevati standard di efficientamento energetico. Per l'illuminazione delle strutture sportive il riferimento utilizzato è quello della norma UNI 12193 (aggiungere la classe sportiva). I corpi luce per gli ambienti interni con tecnologia a LED di ultima generazione con ottiche dark light e con sistema di dimmerazione saranno abbinati a rilevatori di luce diurna in modo da garantire in ogni momento della giornata la giusta percentuale di luce artificiale e ottenere i valori di illuminamento necessari sul piano di lavoro. Saranno previsti anche dei sensori di presenza persona in modo da rendere intelligente l'accensione e lo spegnimento dei corpi luce. Gli apparecchi sfrutteranno il sistema DALI (Digital Addressable Lighting Interface) come sottosistema del controllo Konnex (KNX). Anche i servizi igienici in generale e gli spogliatoi della palestra saranno dotati di sensori di presenza persona che permetteranno dopo un tempo prestabilito di spegnere le luci in assenza di persone. Sarà comunque previsto un sistema automatizzato che permetterà di spegnere l'illuminazione artificiale, da una certa ora in poi, in determinate aree o in tutta la struttura se non venisse rilevata la presenza di persone. Come già accennato oltre agli aspetti di carattere illuminotecnico saranno rispettati i requisiti relativi al risparmio energetico in base alla norma di riferimento ovvero la UNI 15193-1:2017 **“prestazione energetica degli edifici –Requisiti energetici per illuminazione – Parte1: Specificazioni, modulo M9”**. La norma in questione fornisce una metodologia (determinazione di valore numerico “LENI”) come misura dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione degli edifici oltre che la misura della quantità di energia consumata dall'impianto di illuminazione in un anno. In particolare il parametro LENI viene definito come di seguito: **$LENI_{sub} = F_c \times (P_i/1000) \times F_0 [(t_d \times F_d) + t_n] + 1,0 + 1,5$** [kWh/anno m²]. Il valore così determinato per ogni singola zona o

area verrà utilizzato per determinare il valore complessivo del LENI di tutto l'edificio: **LENI: $\sum_i (\text{LENI}_{\text{isub}} \times \text{Ai}) / A$** . Dove con A viene indicata l'area a pavimento utile di tutto l'edificio e con Ai l'area a pavimento dello spazio pertinente. Come risulta evidente dalla formula del $\text{LENI}_{\text{isub}}$ il parametro si compone di diversi fattori e in particolare: Fo - fattore di occupazione; Fd – Fattore di luce diurna e Fc – Fattore costante. Nella formula compaiono anche i termini td e tn che rappresentano rispettivamente le ore di funzionamento della struttura in regime diurno e in regime notturno valutate secondo il prospetto B2 della UNI 15193. In particolare per gli edifici scolastici td è pari a 1800 h/anno e tn è pari a 200 h/anno. Per le strutture sportive il td viene valutato in 2000 h/anno e il tn in 2000 h/anno. Oltre a questi valori vengono stimati i valori di densità di energia per il consumo in stand by per il caricamento della batteria degli apparecchi in emergenza (1,0 [kWh/mq anno]) e per i comandi automatici degli apparecchi di illuminazione (1,5 [kWh/mq anno]). Con l'utilizzo del software Termolog Epix 8[®] della Logical Soft S.r.l., Software certificato dal CTI (Comitato Termotecnico Italiano) è stato modellizzato tutto l'edificio in questione e utilizzando i riferimenti illuminotecnici della norma UNI 12464-1:2011 sono stati inseriti i corpi luce e le relative potenze nei vari ambienti in modo da garantire gli standard richiesti. Di seguito viene mostrata un esempio di simulazione per un ambiente tipo (aula scolastica) utilizzando la logica di inserimento dei corpi luce sopra illustrata. Come si può vedere i parametri della norma vengono ampiamente soddisfatti sia in termini di abbagliamento molesto con valori di UGR sempre inferiori a 19 che di uniformità ovvero valori superiori a 0,6 (rapporto tra illuminamento minimo e medio) e valore di illuminamento sul piano di lavoro superiori a 500 lux. Come già detto con il controllo della luce naturale questi valori saranno comunque raggiunti ma con un dispendio energetico da parte della luce artificiale minimo.

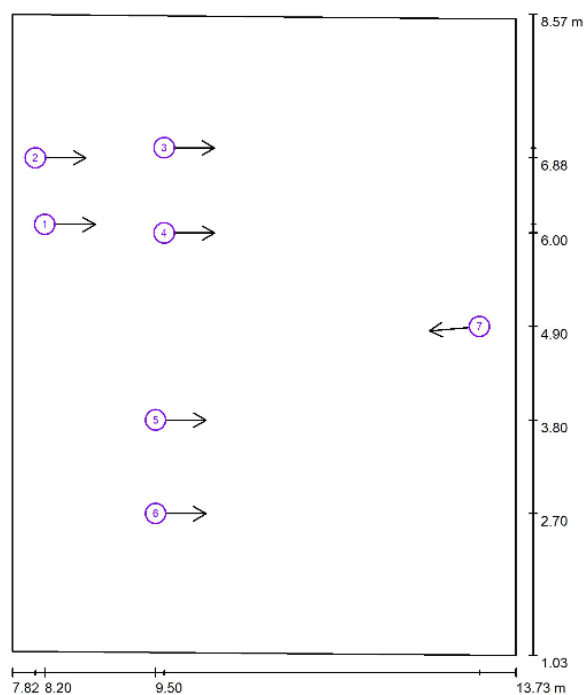
● Illuminanti ○

	500.00 lx
	300.00 lx
	0.00 lx
	0.00 lx
	0.00 lx
	0.00 lx
	0.00 lx
	0.00 lx
	0.00 lx

Colori Ordina



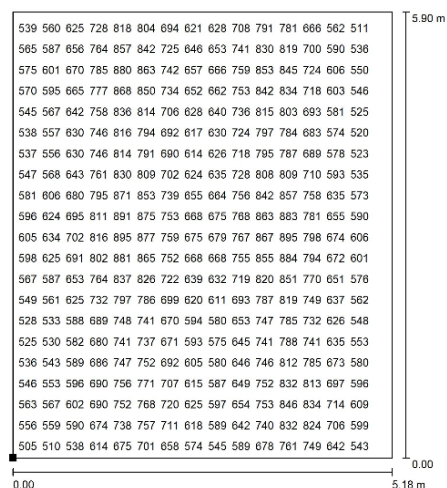
Simulazione a colori sfalsati con evidenza dei 500 lux sul piano di lavoro.



Elenco punti di calcolo UGR

Linea di mira [°]	Valore
0.0	<10
0.0	<10
0.0	/
0.0	/
0.0	14
0.0	16
-175.0	/

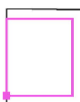
Calcolo dei valori di UGR (abbagliamento – valori sempre inferiori al limite di norma pari a 19)



Valori in Lux, Scala 1 : 47

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nel locale:
Punto contrassegnato: (7.817 m, 1.900 m, 0.850 m)



Reticolo: 64 x 64 Punti

E_m [lx]
679

E_{min} [lx]
470

E_{max} [lx]
904

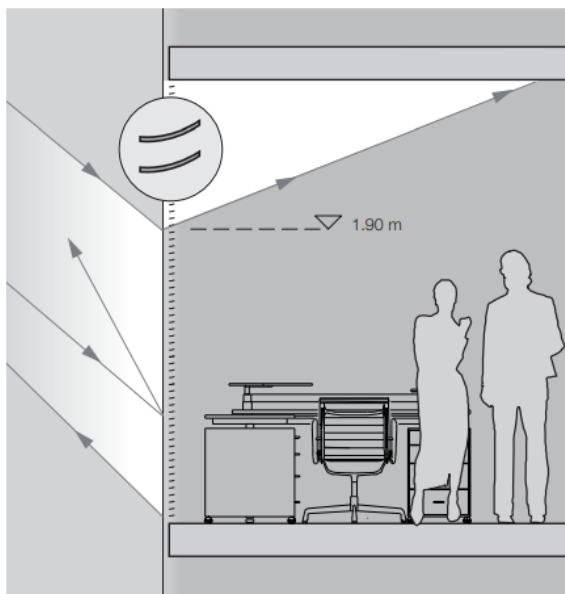
E_{min} / E_m
0.692

E_{min} / E_{max}
0.520

Simulazione complessiva che mostra il rispetto dei lux sul piano di lavoro e valori di uniformità nell'ambiente rispettosi dei limiti imposti dalla norma Uni 12464-1:2011 (valore pari a 0,692 maggiore di 0,6 richiesto dalla norma). Grazie alla modellizzazione dell'edificio si è potuto valutare il fattore di disponibilità di luce diurna simulando anche la presenza di elementi oscuranti e quindi il sistema di controllo più adatto che in questo caso è stato scelto di tipo automatico con possibilità di dimmerazione in funzione della disponibilità della luce diurna. In questo modo è stato valutato via software il parametro F_d che compare all'interno della formula del LENI. Per quanto riguarda il parametro F_o che tiene conto del tipo di controllo della presenza persone anche questo è stato implementato nei diversi ambienti abbinandolo al sistema KNX per un controllo ottimale e intelligente della struttura nel suo complesso. E' stata inoltre pensata la possibilità di spegnere le luci della struttura automaticamente da una certa ora in poi della notte. Un altro aspetto che è stato curato all'interno della modellizzazione è quello relativo alla tipologia di vetri utilizzati. Questa informazione è utilizzata dal software per stimare il fattore di trasmissione luminosa T_{65} parametro impiegato per valutare il fattore di luce diurna D . In questo caso sono stati utilizzati dei serramenti con doppio vetro basso emissivi. Per quanto riguarda il parametro F_c (che rappresenta il fattore di illuminamento costante ovvero il rapporto tra la potenza di ingresso media in un determinato momento e la potenza di ingresso installata iniziale dell'apparecchio di illuminazione) questo viene implementato nel

software in quanto nell'edificio sarà presente anche un impianto con un "illuminamento costante controllato". In particolare, sarà possibile controllare e ridurre automaticamente l'uscita iniziale dell'apparecchio di illuminazione in modo da fornire soltanto l'illuminamento mantenuto richiesto. Visto che la potenza luminosa decade con il tempo, i comandi incrementeranno poi la potenza di ingresso dell'apparecchio al fine di elevare l'output luminoso e compensare quindi la perdita di luce che si avrà durante il normale ciclo di funzionamento. Quando la richiesta di potenza di ingresso dell'apparecchio eguaglierà la potenza installata l'impianto di illuminazione avrà bisogno di manutenzione dato che sarà stato completato il ciclo di manutenzione. In questo caso grazie alla pianificazione delle attività di manutenzione, questa comprenderà la pulizia degli apparecchi di illuminazione e/o la sostituzione delle lampade/corpi luce. I corpi luce, come accennato precedentemente, sono pensati per funzionare con il sistema DALI dove ad ogni lampada verrà assegnato un indirizzo univoco che permetterà il controllo dei singoli punti luce e una comunicazione con le lampade per verificarne il corretto funzionamento. Il sistema DALI sarà integrato nel sistema KNX più generale e in questo modo i reattori DALI saranno collegati tra loro con un'unico cavo, lo stesso verrà portato poi anche all'interfaccia DALI-KNX. Ogni indirizzo DALI (lampada) verrà vista come un "canale". Sarà possibile a questo punto comandare le lampade con un semplice On/Off o un comando dimmer con un valore percentuale; ma sarà anche possibile ricevere su bus KNX lo stato della dimmerizzazione della lampada, un'eventuale errore sul bus DALI ma soprattutto lo stato della lampada (bruciata o funzionante). In questo modo in un ambiente come l'auditorium sarà possibile creare delle scene luce personalizzate in funzione del tipo di compito che si sta svolgendo e contemporaneamente gestire tutta una serie di funzioni parallele. Ad esempio, premendo un pulsante, verrà inviato un telegramma a tutti gli attuatori che risponderanno in funzione dei parametri settati – es. dimmerare le luci al 50%, abbassare le tapparelle e lo schermo di proiezione, attivare il condizionamento. Quando nel locale non ci saranno più persone, la scena "Assenza", lanciata tramite un altro pulsante, si preoccuperà di spegnere le luci, ridurre la temperatura nella stanza (stand-by) e riposizionare gli oscuranti. Nel nostro caso le operazioni potranno essere eseguite automaticamente in quanto si prevedrà l'integrazione di un sensore di presenza KNX. In quest'ultimo caso, la scena "Assenza" verrà attivata quando

si lascia il locale in quanto il sensore di presenza riconoscerà che nessuno è presente e spegnerà automaticamente tutti i carichi. Anche per l'illuminazione di emergenza viene previsto il controllo tramite il sistema KNX e quindi la verifica automatica periodica dello stato delle apparecchiature presenti. Questo permetterà di avere sempre sotto controllo lo stato di deterioramento delle batterie e in generale il funzionamento del corpo luce in emergenza garantendo degli standard ottimali per la manutenzione e in generale per la sicurezza degli occupanti. Per quanto riguarda le aree esterne queste saranno illuminate con corpi luce sempre a tecnologia LED con ottica anti inquinamento luminoso dotate di regolatori di flusso luminoso che possano da una certa ora in poi diminuire l'emissione luminosa. Un'altra possibilità offerta dal sistema di controllo avanzato proposto è quello di poter agire sulla regolazione delle lamelle delle veneziane per un utilizzo ottimale della luce diurna. Le veneziane vengono utilizzate negli edifici soprattutto con funzione di schermatura e protezione dal sole. Esse impediscono che la luce del sole arrivi direttamente sull'area di lavoro. Grazie al controllo delle veneziane è possibile influenzare l'incidenza della luce esterna nell'ambiente. Esiste, quindi, una diretta correlazione fra controllo dell'illuminazione e controllo delle veneziane. Se, ad esempio, un ufficio diventa troppo buio perché una veneziana è chiusa, si accende la luce per compensare la mancanza di luminosità. Di conseguenza, l'illuminazione consuma energia elettrica in un momento in cui c'è effettivamente sufficiente luce diurna a disposizione. Una soluzione più efficiente è il controllo automatico dell'angolo delle lamelle della veneziana in base alla posizione del sole. Le lamelle vengono aperte in misura tale da garantire l'ingresso di una sufficiente quantità di luce diurna, impedendo tuttavia un abbagliamento diretto. Utilizzando speciali lamelle di guida della luce, si migliora l'incidenza del contributo naturale. In combinazione con un controllo costante dell'illuminazione, che garantisce l'utilizzo di una quantità minima di luce per mantenere la luminosità necessaria, è possibile risparmiare una notevole quantità di energia elettrica. Di seguito un'immagine esplicativa che mostra come grazie al controllo intelligente si riesce a ottenere un'incidenza ottimale della luce all'interno dell'ambiente con un abbagliamento minimo.



Il campo da gioco all'aperto sfrutterà dei proiettori a LED di potenza adeguata a garantire il rispetto della Norma UNI 12193 e con ottica antiinquinamento luminoso. L'illuminazione della palestra sarà realizzata anch'essa con proiettori a LED con sensori di luminosità e di presenza in modo da sfruttare la luce diurna e garantire grazie alla tecnologia DALI abbinata al protocollo KNX la possibilità di creare delle scene luce in funzione dell'attività che si deve svolgere. Di seguito vengono mostrati i risultati, simulati con il software Termolog Epix8®, relativi ai fabbisogni per l'illuminazione con le ipotesi e le considerazioni sopra esposte.

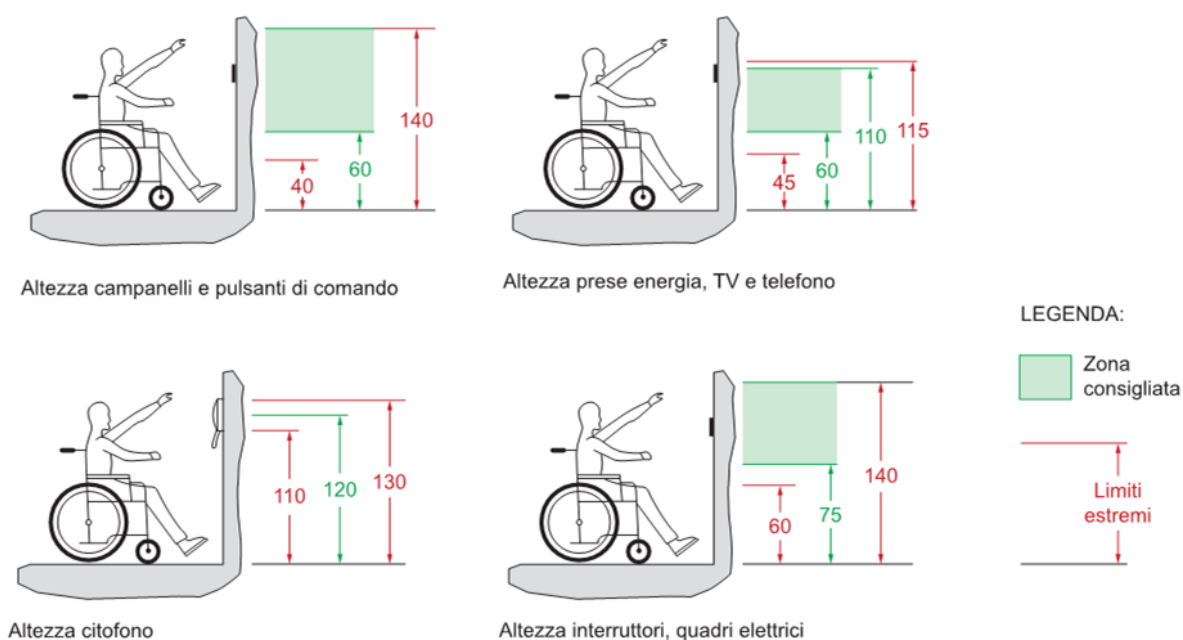
	Um	TOTALI
Illuminazione parassita	kWh	17.183,30
Illuminazione interna	kWh	56.249,01
TOTALE	kWh	73.432,31

Il valore del LENI per l'edificio in esame con una superficie di circa 6800 mq sarà quindi pari a circa **11** [kWh/mq anno].

Capitolo 5 – Impianti Elettrici

Per quanto riguarda il progetto e la realizzazione degli impianti elettrici questi saranno conformi alle prime sei parti della norma CEI 64-8 e alla parte 7 "Ambienti particolari" per le tematiche relative al rischio in caso di incendio e alle disposizioni ENEL per l'allaccio in media tensione delle utenze attive e passive e alla norme CEI 0-16 quarta edizione variante V3 di agosto 2017. Particolare attenzione sarà posta in fase di

progettazione nella classificazione del rischio in caso di incendio che determinerà di conseguenza anche le prescrizioni e i requisiti dell'impianto elettrico da adottare. Sarà valutato in fase di progettazione anche il rischio relativo ai fumi emessi nella combustione dei cavi ed eventualmente si adotteranno cavi di tipo LSOH (Low Smoke Zero Alogen). In ogni caso la posa dei cavi avverrà sotto traccia e quindi con quantità di fumo emessa all'esterno trascurabile. Tutti i circuiti terminali saranno protetti con interruttori differenziali con soglia di 30 mA specie i circuiti prese. Sarà prevista in ogni locale l'installazione di prese a spina schuko con alveoli protetti. I quadri elettrici eventualmente accessibili agli allievi saranno chiusi a chiave, ad evitare manovre intempestive degli interruttori. Tutte le parti attive all'interno del quadro saranno inaccessibili al dito di prova (IPXXB). Ai sensi del DM236/89 dovranno essere eliminate le barriere architettoniche e a tale proposito sarà previsto in prossimità del WC un campanello nonché un apparecchio di illuminazione d'emergenza. Tutte le apparecchiature elettriche avranno la disposizione indicata nella figura seguente con quote in centimetri.



Per l'illuminazione di sicurezza saranno previsti degli apparecchi autonomi e saranno rispettati i requisiti del DM 26/8/92 ovvero illuminamento di 5 lx per la durata di 30 minuti. In tutte le aule scolastiche sarà previsto il segnale luminoso con indicazione dell'uscita di sicurezza. Per quanto riguarda l'Asilo Nido oltre le prescrizioni già previste per la scuola tutte le prese a spina saranno posizionate fuori dalla portata di mano

dei bambini per ridurre il pericolo di danneggiamento e di folgorazione. In fase di progettazione sarà valutato puntualmente il rischio d'incendio e a tale proposito saranno rispettate le prescrizioni del DPR 151/11 attività n.67, cat.B e al DM 16/7/14 "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli asili nido". L'illuminazione di sicurezza sarà realizzata secondo la norma UNI 1838 e in base a quanto stabilito dal DM 16/7/14:

- L'autonomia delle batterie dei corpi luce dovrà essere almeno pari a 60 minuti;
- La segnaletica per l'esodo dovrà essere sempre accesa;
- Le vie di esodo saranno sempre evidenziate da una segnaletica a pavimento visibile in ogni condizione di illuminamento.

La logica dell'impianto elettrico è quella di avere una chiara parzializzazione delle diverse aree alimentate all'interno della struttura. L'esigenza nasce da motivi strettamente funzionali in quanto le diverse aree della struttura presentano delle funzionalità differenziate e indipendenti tra di loro come ad esempio l'auditorium, la biblioteca, la mensa, le aree esterne attrezzate che potranno essere fruite anche in periodi diversi da quelli del normale funzionamento scolastico. La logica dell'impianto elettrico è quella di avere sempre un quadro generale per ciascuna area a cui afferiranno dei sotto quadri posizionati nei diversi ambienti della struttura. I quadri all'interno della struttura saranno della tipologia a incasso in modo da garantire il minor impatto visivo e limitare lo spazio occupato. Si è cercato comunque di utilizzare sempre i vani tecnici disponibili così da limitare il più possibile la presenza di apparecchiature elettriche all'interno della struttura. La tavola allegata alla presente relazione illustra con un diagramma a blocchi le diverse interconnessioni dei quadri elettrici a partire dal punto di consegna in media tensione. A tale proposito in un area interrata sono stati pensati i vani tecnici di interconnessione con la rete elettrica nazionale in media tensione, i relativi scomparti con il sistema di protezione di interfaccia SPG e il trasformatore MT/bt di potenza pari a 400 kVA. Sempre in questi locali saranno posizionati inoltre il quadro Power Center che ospiterà l'interruttore generale della struttura e i diversi interruttori a protezione delle linee che

alimenteranno i quadri generali di zona. E' stato previsto anche uno spazio per il sistema di generazione con Gruppo Elettrogeno per salvaguardare l'operatività della struttura in caso di black out. Nello stesso locale saranno ospitate anche tutte le apparecchiature di controllo e di interfacciamento con la rete elettrica prevista dalla norma CEI 0-16. Saranno previste anche le dotazioni impiantistiche per il sistema di generazione fotovoltaica: inverter, protezione di interfaccia, quadri elettrici con dispositivi di protezione e sistema di storage. Per quanto riguarda il sistema elettrico dell'edificio in relazione alla messa a terra questo si configura come un sistema TN-S (Neutro collegato direttamente a terra masse collegate direttamente a terra tramite un conduttore di protezione). In questo caso la condizione sulla protezione dai contatti indiretti è riferita all'impedenza dell'anello di guasto che potrebbe essere quindi soddisfatta anche dall'utilizzo di semplici dispositivi a massima corrente. Nel caso in esame verranno comunque utilizzati dei dispositivi differenziali in modo da garantire tempi di intervento brevi riducendo quindi la pericolosità del contatto e nel caso di guasto non franco, in cui l'impedenza dell'anello di guasto limitasse la corrente di guasto, si avrebbe comunque l'intervento del dispositivo avendo il differenziale delle correnti di soglia inferiori rispetto a quelli di massima corrente. Verrà quindi progettato un impianto di terra distribuito con una corda di rame opportunamente interrata con picchetti di dispersione. Il dispersore orizzontale (corda di rame) partirà dalla cabina MT/Bt dove sarà presente il collettore di terra principale dove saranno connessi il centro stella del trasformatore e gli altri conduttori di protezione in arrivo dall'edificio in modo da realizzare un unico impianto di terra.

Capitolo 6 – Building Automation

I temi del comfort e della funzionalità e quello dell'efficienza energetica sono strettamente legati nella progettazione e realizzazione degli edifici moderni. La definizione stessa di efficienza energetica porta verso sistemi edificio impianto in grado di garantire un altissimo livello di comfort e di servizi unito al minore consumo possibile di energia primaria. A livello europeo, questa presa di coscienza è stata sancita dalla pubblicazione di una direttiva che riguarda il rendimento energetico nell'edilizia (2002/91/CE). Il principale obiettivo di questa direttiva è l'emissione di una certificazione energetica che specifichi il consumo energetico dell'edificio, nonché un'analisi del potenziale risparmio. Per preparare il terreno necessario all'attuazione di queste misure sono state implementate numerose norme europee, come la EN 15232, che disciplinano questa importante materia.

Supportare le diverse fasi del progetto con soluzioni costituite da sistemi di gestione efficiente che permettono l'integrazione degli impianti tecnologici di un edificio (sistemi di illuminazione, protezione dal sole, riscaldamento, ventilazione e condizionamento, nonché altri sistemi richiesti per soddisfare le esigenze del committente) contribuisce in misura determinante ad un utilizzo dell'energia conservativo e basato sulle reali esigenze.

La norma Europea EN 15232 ("Prestazione energetica degli edifici – Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici") è stata promulgata in connessione con l'implementazione a livello europeo della direttiva sul rendimento energetico degli edifici (EPBD – Energy Performance of Buildings Directive) 2002/91/CE. Questa norma descrive i metodi per valutare l'influenza dell'automazione e della gestione degli edifici sul consumo energetico.

A tale scopo sono state introdotte quattro classi di efficienza da A a D, alle quali corrisponde un diverso livello tecnologico e di integrazione del Sistema di controllo ed automazione degli edifici (BACS) e di gestione tecnica degli edifici (TBM). La classe A in particolare identifica il massimo livello di rendimento energetico possibile del BACS e del TBM, ottenibile in seguito ad una attenta integrazione tecnologica fra i vari sistemi impiantistici e di controllo. In particolare i livelli di precisione e completezza del controllo

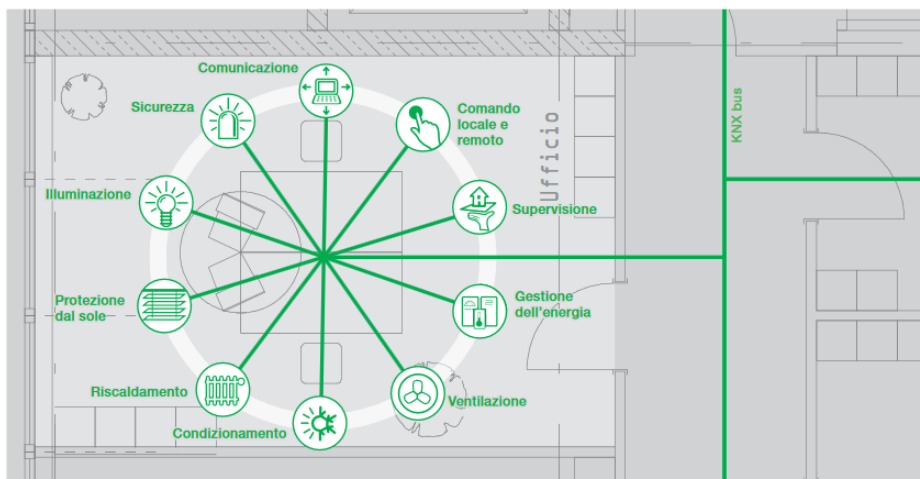
automatico devono essere tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto e i dispositivi di controllo delle stanze devono essere in grado di gestire impianti HVAC tenendo conto di diversi fattori (ad esempio, valori prestabiliti basati sulla rilevazione dell'occupazione, sulla qualità dell'aria ecc.) ed includere funzioni aggiuntive integrate per le relazioni multidisciplinari tra HVAC e vari servizi dell'edificio (ad esempio elettricità, illuminazione, schermatura solare ecc.). La classe C, considerata dall'ente normatore la classe di riferimento, corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici BACS "tradizionali", eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque a livelli prestazionali minimi rispetto alle loro potenzialità.

In particolare, nel nostro caso, una scuola con un impianto BACS di classe A rispetto a una classe C identifica un margine di risparmio del 20% sull'energia termica e del 14% sull'energia elettrica.

Classi di efficienza dei sistemi BAC (Building Automation and Control) a norma EN 15232		Risparmio per energia termica (rispetto a classe C)			Risparmio per energia elettrica (rispetto a classe C)		
		Uffici	Scuola	Alberghi	Uffici	Scuola	Alberghi
A	Alta efficienza Sistema di controllo e automazione degli edifici (BACS) e gestione tecnica degli edifici (TBM) ad elevato rendimento energetico	-30%	-20%	-32%	-13%	-14%	-10%
B	Automazione avanzata BACS e TBM avanzati	-20%	-12%	-15%	-7%	-7%	-5%
C	Automazione standard BACS standard	-	-	-	-	-	-
D	Senza automazione BACS non efficienti a livello energetico	+51%	+20%	+31%	+10%	+7%	+7%

L'obiettivo della attuale progettazione dei sistemi di Building Automation and Control è il raggiungimento della classe A di efficienza della norma EN 15232. Tale obiettivo contribuisce al più generale traguardo del raggiungimento dello standard di prestazione nZEB prefissato per il Polo Scolastico oggetto della presente relazione.

Le funzioni che saranno coinvolte nel sistema di automazione e controllo saranno la climatizzazione invernale, la climatizzazione estiva, l'illuminazione, la ventilazione meccanica e le schermature solari.



Integrazione di tutte le funzioni tramite BACS KNX

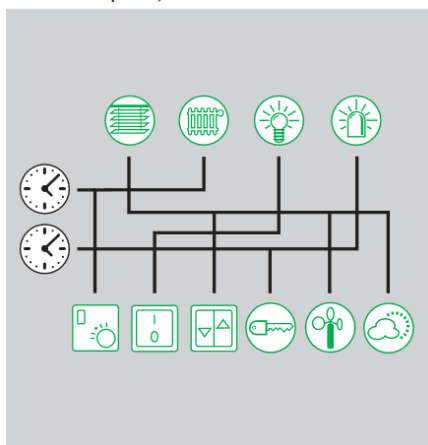
L'implementazione del sistema BACS, TBM e EMS (Energy Management System) sarà realizzata attraverso un'unica installazione di sensori, dispositivi di potenza, di controllo e attuazione rispondenti al protocollo KNX.

La tecnologia KNX è uno standard mondiale che consente risparmi energetici con percentuali a due cifre, garantendo inoltre una maggiore flessibilità a livello di progettazione e implementazione, un elevato livello di tutela dell'investimento e di affidabilità.

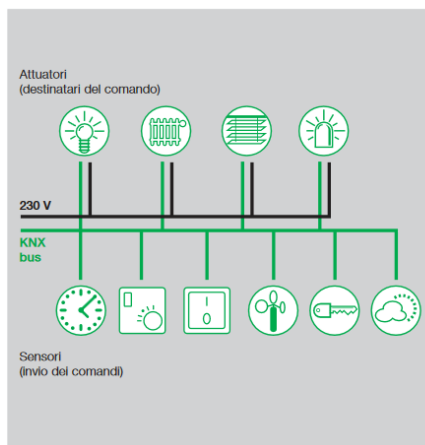
KNX è il primo sistema standardizzato a livello globale per l'automazione degli edifici residenziali e non residenziali, conforme alle norme internazionali (ISO/IEC 14543-3), alle norme europee (CENELEC EN 50090, CEN EN 13321-1 e 13321-2), alle norme cinesi (GB/Z 20965) e alle norme statunitensi (ANSI/ASHRAE 135).

L'impiantistica tradizionale viene affiancata da un BUS KNX di dati che consente di creare un sistema interconnesso, garantendo l'integrazione di diversi impianti tecnologici in cui tutti i dispositivi comunicano tramite un solo mezzo, il cavo bus, garantendo la massima flessibilità e futura modularità. Nel sistema BUS KNX dunque, tutti i sensori (ad es. i pulsanti o i rivelatori di presenza) sono interconnessi con gli attuatori (ad es. attuatori per commutazione, dimmerizzazione o controllo oscuranti) tramite un cavo dati, diversamente da quanto accade per gli impianti tradizionali dove comando ed utenze sono collegate direttamente.

Soluzione convenzionale: numerosi cavi separati, funzionalità separate, minor flessibilità



Soluzione intelligente: KNX – un sistema, uno standard, numerose funzionalità interoperanti per una flessibilità massima



È evidente in quest'ottica il grande vantaggio di un sistema BACS, TBM e EMS basato su standard KNX, l'automazione e il controllo su ogni parte dell'impianto tecnologico è massima e di semplice integrazione con eventuali nuovi ampliamenti dell'impianto.

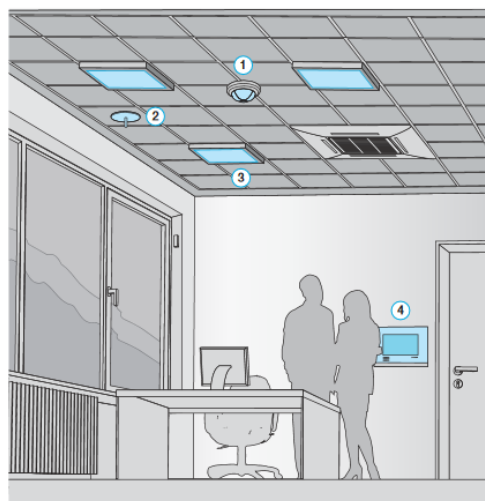
A livello Hardware avremo dunque una rete di potenza tradizionale affiancata da una rete di sensori e attuatori coordinata da un software centralizzato che consentirà, anche da remoto, di monitorare, programmare e supervisionare il funzionamento degli impianti tecnologici dell'edificio.

Il sistema di riscaldamento sarà composto da cinque pompe di calore aria acqua connesse ad un impianto radiante a pavimento. La ventilazione meccanica nei vari spazi serviti dai circuiti radianti sarà realizzata tramite cinque unità di trattamento dell'aria per il controllo igrometrico negli ambienti serviti, dotate di recuperatore di calore a flussi incrociati. Il sistema prevederà una regolazione tramite cui il solaio termo attivo possa modulare il carico ambiente in funzione degli apporti termici gratuiti. In particolare un sensore di qualità dell'aria e di umidità regolerà la ventilazione meccanica in ogni ambiente servito mentre il raggiungimento dei set point di temperatura sarà garantito dall'azione dei pannelli radianti pilotati dal termostato ambiente di zona. I circolatori a servizio dei circuiti di distribuzione saranno a inverter con regolazione pressione differenziale e moduleranno la portata di fluido ai terminali emissivi in funzione del carico termico. La parte di climatizzazione estiva sarà gestita con criteri di automazione simili.

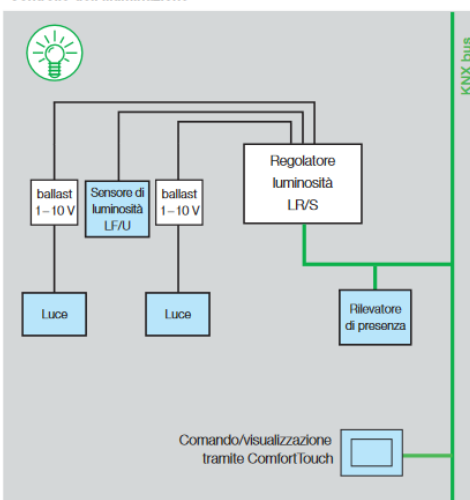
L'automazione della ventilazione e del condizionamento prevederà il controllo della portata di aria di immissione mediante un sensore di CO2 che modulerà le serrande di zona verso gli ambienti da condizionare in funzione del carico di inquinante, proporzionale alla presenza delle persone negli ambienti. In concomitanza con questa regolazione si verificherà una variazione di pressione all'interno del canale di distribuzione che sarà rilevata da un debito sensore variando il numero di giri dei ventilatori e consentendo una regolazione automatica di portata e prevalenza. Saranno presenti il controllo di sbrinamento dello scambiatore di calore e quello di surriscaldamento dello scambiatore di calore delle UTA. Nelle opportune condizioni sarà possibile effettuare il free cooling o il free heating. Il controllo della temperatura di mandata sarà a set point variabile con compensazione in funzione del carico.

Come anticipato nel paragrafo descrittivo degli impianti di illuminazione avremo una contemporanea azione di sensori di presenza e di illuminamento che andranno a dimerare in ogni ambiente l'intensità della luce artificiale da led.

1 Rilevatore di presenza | 2 Sensore luminoso | 3 Lampada
4 ComfortTouch

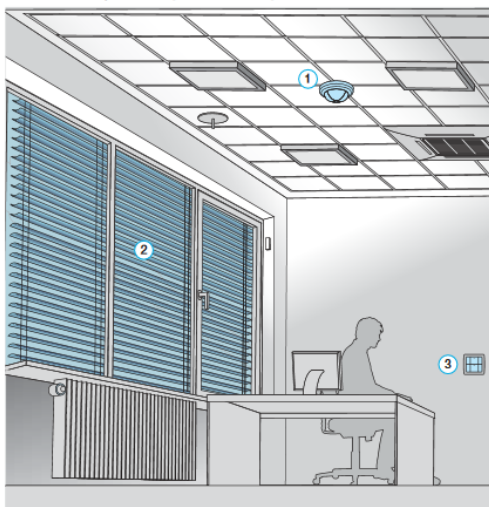


Controllo dell'illuminazione

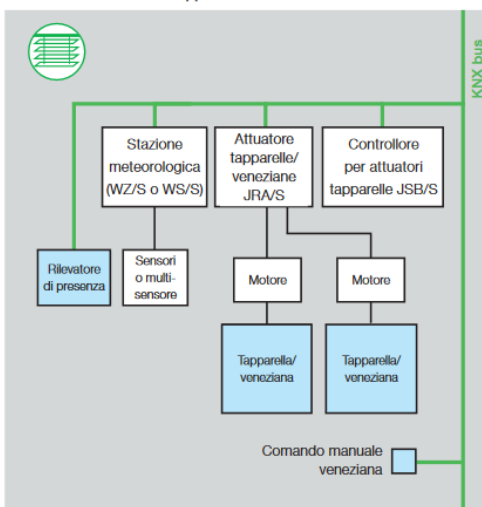


Inoltre, sarà proposto il controllo combinato luce, schermature solari e HVAC attraverso l'installazione di un sistema di controllo e azionamento delle micro lamelle in alluminio delle schermature che garantisca adeguata trasmittanza e consenta un elevato livello di efficienza energetica della struttura.

1 Rilevatore di presenza | 2 Veneziana | 3 Controllo manuale veneziana



Controllo veneziana con apposito modulo



Gestione delle veneziane KNX

Come anticipato, oltre alle tecnologie BACS sarà previsto nell'edificio un sistema di gestione centralizzata degli impianti tecnologici e di rilevazione guasti, diagnostica e diagnostica predittiva (TBM) e un sistema di monitoraggio dei consumi energetici (EMS) che comporterà una ottimizzazione complessiva della prestazione energetica.

Il valore medio dei risultati di tutte le fonti disponibili produce un potenziale risparmio nel seguente ordine:

Controllo del riscaldamento degli ambienti:	circa 14 - 25 %
Automazione del riscaldamento:	circa 7 - 17 %
Controllo delle veneziane:	circa 9 - 32 %
Controllo dell'illuminazione:	circa 25 - 58 %
Controllo della ventilazione:	circa 20 - 45 %

"Potenziale risparmio energetico con l'impiego dei moderni impianti elettrici" Biberach University of Applied Sciences, Institute for Building and Energy Systems – 2008 – Prof. Dr. Ing. Becker

Tale sistema sarà controllato da remoto attraverso un software SCADA che garantisca all'Operation Manager e all'Energy Manager di supervisionare la struttura. Il software SCADA andrà ad integrare anche il monitoraggio della micro grid che verrà realizzata nell'edificio. La predisposizione di un impianto tecnologico basato su protocollo KNX integrato con la gestione energetica dello stesso contribuisce al progetto delle Smart Grid: nel prossimo futuro la connessione tra gli impianti elettrici di un edificio e un fornitore di energia sarà estesa con reti TIC (ICT), ovvero ci saranno informazioni che fluiranno in due direzioni: uno scambio di informazioni tra il fornitore di energia e l'edificio, ad esempio la tariffa dell'energia fornita in un certo intervallo o periodo di tempo; altre informazioni che fluiranno dall'edificio al fornitore, ad esempio il consumo attuale di energia dell'edificio durante quell'intervallo di tempo. Questo concetto consentirà di adattare i carichi in un edificio automaticamente in base alla tariffa applicata in ogni stante. Ad esempio, spegnere i carichi a più bassa priorità quando l'energia, in base alla tariffa attuale,

raggiunge un certo livello di prezzo. Questo non necessariamente porta a una diretta riduzione del consumo di energia, ma almeno stimolerà l’utente (o il sistema di controllo al suo posto) a farlo, ad esempio spostando l’utilizzo di certi carichi a priorità più bassa finchè una (o più) fonte di energia rinnovabile sia disponibile. Risultato: riduzione dei costi energetici.

Capitolo 7 – Microgrid

7.1 Il bilancio energetico

Per l’ottimizzazione dei consumi elettrici delle utenze del complesso scolastico sarà realizzata una micro grid elettrica dotata di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e di un sistema di storage. L’obiettivo della microgrid è l’ottimizzazione dei flussi di energia, dell’autoconsumo dell’energia elettrica da fotovoltaico e del riempimento medio del sistema di storage.

Lo studio del fabbisogno energetico del complesso scolastico ci ha portato a definire il seguente quadro dei consumi energetici annui:

FABBISOGNI TOTALI DI ENERGIA ELETTRICA															
	Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Energia elettrica	H	kWh	16.678,94	15.472,87	10.026,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14.942,96	57.120,86
	W	kWh	451,28	409,81	443,21	410,30	403,31	364,02	353,71	354,94	365,63	399,90	411,04	445,13	4.812,28
	C	kWh	0,00	0,00	0,00	6.107,05	10.888,53	20.529,37	31.962,67	32.523,39	20.261,26	10.689,65	2.021,85	0,00	134.983,78
	L	kWh	7.530,76	6.794,31	7.530,76	7.283,47	7.530,76	7.283,47	7.530,76	7.530,76	7.283,47	7.530,76	7.283,47	7.530,76	88.643,51
	V	kWh	4.235,59	3.825,70	2.620,13	3.672,86	4.138,13	4.004,64	4.138,13	4.138,13	4.004,64	3.992,98	1.892,40	4.235,59	44.898,91
	T	kWh	180,91	163,40	180,91	175,07	180,91	175,07	180,91	180,91	175,07	180,91	175,07	180,91	2.130,06
TOT		kWh	29.077,49	26.666,08	20.801,09	17.648,77	23.141,64	32.356,57	44.166,18	44.728,12	32.090,07	22.794,20	11.783,83	27.335,36	332.589,41

Il consumo complessivo annuo della struttura sarà dunque pari a 332.589,41 kWh di cui potremo ipotizzare la suddivisione in fasce di consumo sulla base di un benchmark di profilo di carico derivato da dati reali di numerose strutture scolastiche.

Il profilo di carico e la conseguente suddivisione nelle fasce orarie di consumo è la seguente:

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
F1	62,06%	63,67%	62,63%	55,17%	60,80%	55,80%	39,30%	36,09%	53,28%	60,14%	63,52%	58,85%
F2	17,07%	17,60%	17,76%	18,51%	17,10%	18,08%	21,58%	21,95%	21,27%	17,64%	16,82%	16,85%
F3	20,88%	18,74%	19,62%	26,32%	22,10%	26,12%	39,11%	41,96%	25,45%	22,22%	19,66%	24,30%

Il risultato della stima della suddivisione dei consumi del complesso scolastico secondo la precedente tabella è :

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
F1	18045	16978	13027	9737	14070	18056	17359	16141	17099	13708	7485	16086
F2	4963	4692	3693	3268	3958	5849	9532	9818	6826	4022	1982	4606
F3	6070	4996	4080	4645	5113	8451	17275	18768	8166	5064	2317	6644
TOT	29077	26666	20801	17649	23142	32357	44166	44728	32090	22794	11784	27335

Per il dimensionamento della micro grid e la stima dei risultati energetici si deve trasformare la precedente analisi dei consumi suddivisi per fasce in una suddivisione in consumi diurni e notturni. I consumi in fascia F1 sono praticamente tutti assorbiti in orario diurno a parte pochi mesi invernali e possono fornire l'indicazione del consumo medio diurno nel giorno lavorativo tipo. Il sabato per il complesso scolastico può essere assunto avere un carico elettrico uguale al resto dei giorni lavorativi. La domenica la distribuzione dei consumi è uniforme, in quanto la struttura è chiusa e i consumi in orario diurno coincidono con quelli in orario notturno. Sulla base di queste considerazioni è stato descritto il seguente prospetto di consumi diurni e notturni.

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
Diurni	21805	20929	16627	11996	17793	22552	22149	22274	21067	16611	9645	19565
Notturni	7272	5738	4174	5653	5349	9805	22017	22455	11023	6183	2138	7770

7.2 L'impianto fotovoltaico con accumulo

Possiamo adesso dimensionare la micro grid proponendo un impianto fotovoltaico da 252 kWp e un sistema di storage tipo Tesla Power Pack agli ioni di litio da 210 kWh di capacità.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 840 moduli di silicio monocristallino da 60 celle ciascuno, inserito nelle falde degli edifici dell'asilo (180 moduli), della palestra (120 moduli) e dell'auditorium, mensa e biblioteca (540 moduli) e avrà una esposizione con azimuth 0° e tilt 9°.

La parte in continua sarà costituita da 40 stringhe da 21 moduli ciascuna afferenti a cinque inverter da posizionare, assieme alla ulteriore quadristica AC e DC necessaria, nei vani preposti all'accoglimento dei componenti del fotovoltaico e dello storage, adiacenti la cabina di trasformazione MT/bt. Il dettaglio del dimensionamento della parte DC dell'impianto fotovoltaico è mostrata report di configurazione. Gli inverter scelti sono del tipo "ABB trio 50 TL OUTD" e sono caricati in maniera equilibrata sia lato DC che lato AC. Le uscite degli inverter saranno messe in parallelo sul quadro di interfaccia, la cui uscita andrà ad essere posta in parallelo con l'impianto di bassa tensione del complesso scolastico direttamente sul secondario del trasformatore MT/bt.

ABB StringSizer™ - Report di configurazione

Luogo	Temperature (°C)	Amb	Cell	Montaggio
CONTINENTE Europa	Minima	2°C	2°C	Montaggio a Tetto
NAZIONE Italia	Media	27°C	62°C	
CITTA Palermo	Massima	31°C	66°C	

Modello di inverter TRIO-50.0-TL-OUTD DCWB	
Potenza AC nominale [kW]/ Tensione AC [V] 50000 / 400	
Configurazione dei canali Canali parallelati (Num. MPPT ind.: 1)	
Numero moduli per inverter 168	
Potenza DC installata per inverter (STC) [kW] 50400	
Note L'inverter selezionato non ha fusibili di protezione stringa a bordo. Qualora si intenda strutturare il generatore fotovoltaico in un gruppo di tre stringhe o in più gruppi di tre stringhe in parallelo, valutare l'inserimento di fusibili di protezione di taglia adeguata.	

Modulo fotovoltaico (marca / modello) Sunerg / XM 60/156-300 I+35	
Tecnologia	
Potenza nominale [W] 300	
Tensione a vuoto Voc [V] 39.9	
Corrente di corto circuito Isc [A] 9.51	
Tensione MP Vmp [V] 33.96	
Corrente MP Imp [A] 8.76	
Coefficiente temperatura Voc [V/°C] -0.122	
Coefficiente temperatura Isc [mA/°C] 4.28	

	MPPT1	MPPT2
Numero moduli per stringa	21	n/a
Numero stringhe in parallelo	8	n/a
Numero moduli totale	168	n/a
Note	1, 2	n/a
Potenza STC installata MPPT [kW]	50.40	n/a
Limite di potenza MPPT [kW]	52.00	n/a
PPV(INST)/MPPT/PMPTMAX	96.9%	n/a
PPV(INST)/PACR	100.8%	n/a
PPV(INST)/PACMAX	100.8%	n/a
Tensione Massima sistema moduli [Vdc]	1000	n/a
Tensione massima ingresso inverter [Vdc]	1000	n/a
Voc_Max: Tensione a vuoto stringa @2°C [Vdc]	896.8	n/a
Voc_Min: Tensione a vuoto stringa @66°C [Vdc]	732.9	n/a
Tensione di attivazione Vstart (default) [Vdc]	420	n/a
Tensione di attivazione Vstart consigliata [Vdc]	Default (420)	n/a
Vmp_Max: Tensione mp stringa @2°C [Vdc]	763.4	n/a
Vmp_Typ: Tensione mp stringa @62°C [Vdc]	632.4	n/a
Vmp_Min: Tensione mp stringa @66°C [Vdc]	623.6	n/a
Range per operazione MPPT* [Vdc]	294 - 950	n/a
Corrente CC generatore FV @66°C [Adc]	77.5	n/a
Corrente CC max inverter [Adc]	160	n/a
Corrente MPP generatore FV @66°C [Adc]	71.5	n/a
Corrente MPP max inverter [Adc]	108	n/a
Legenda note	*) range per operazione MPPT considerando il valore di tensione di attivazione consigliato; 1)- Numero di stringhe in parallelo superiore al numero di ingressi a bordo inverter: prevedere un quadro di campo esterno.; 2)- Numero di stringhe in parallelo superiore a 2. Verificare la necessità di installare dispositivi di protezione dalle correnti inverse.	

Mettendoci in condizioni conservative e ragionando su un PR del 75% avremo con i dati di irraggiamento di Palermo il seguente prospetto di produzione secondo il database PVGIS:

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 38°6'56" North, 13°21'40" East, Elevation: 30 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 252.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 14.0% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.9%

Other losses (cables, inverter etc.): 10.2%

Combined PV system losses: 25.0%

Fixed system: inclination=9°, orientation=0°				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	520.00	16100	2.59	80.4
Feb	673.00	18800	3.38	94.6
Mar	994.00	30800	5.13	159
Apr	1150.00	34400	6.01	180
May	1330.00	41300	7.13	221
Jun	1460.00	43700	7.95	238
Jul	1490.00	46200	8.21	254
Aug	1330.00	41300	7.39	229
Sep	1020.00	30600	5.50	165
Oct	818.00	25400	4.32	134
Nov	610.00	18300	3.12	93.7
Dec	470.00	14600	2.37	73.4
Yearly average	990	30100	5.27	160
Total for year	361000		1920	

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS © European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged

Come anticipato Il sistema di storage sarà tipo Tesla Power Pack agli ioni di litio da 210 kWh di capacità inverter da 53 kW e avrà le seguenti caratteristiche tecniche minime:

TECHNICAL SPECIFICATIONS

POWERPACK SPECIFICATIONS		
Battery Cell Technology	Li-ion	
Depth of Discharge	100%	
AC Voltage (Inverter output)	400V to 480V AC 3-phase	
Frequency (Inverter output)	50 Hz or 60 Hz nominal	
Operating temperature	-30°C to +50°C	
Pod IP rating	IP67 (enclosure IP35)	
Warranty	10 to 15 years	
Fire safety	IEC 62619, UL 1973	
Powerpack / Inverter Dimensions	Powerpack L: 1308 mm W: 822 mm H: 2185 mm	Inverter L: 1014 mm W: 1254 mm H: 2192 mm
Powerpack / Inverter Weights	2160 kg for 4-hr, 2382 kg for 2-hr	1200 kg
Roundtrip Efficiency (AC to AC)	2-hour system 87%	4-hour system 89%



Caratteristiche tecniche modulo storage 210 kWh di capacità tipo Tesla Power Pack

TEAM SISTEMI ENERGETICI | PROPOSAL

TECHNICAL SPECIFICATIONS

The Tesla Inverter topology and design provides superior functionality, reliability and system efficiency. Its upfront modular architecture and non-isolated design allows the Tesla Inverter to be used in projects ranging from several kW to multiple MW.

The Tesla Inverter has been designed from the ground up to be a part of the Powerpack solution and all its possible applications. It therefore integrates a DC combiner panel for easier field wiring, smaller site footprint, and lower system losses. It is perfectly suited for microgrids and other islanded applications transitioning between grid and islanded connections, and standard black-start. It is also suited for asymmetric grids to provide constant power or to bring support during Volt/VAR, Volt/Watt or VRT events.

The Tesla Inverter is user configurable, including voltage or site power factor control (reactive power correction), control of the accepted overload current, 3 under and 3 over frequency trip time pairs, and 1 under frequency and 1 over frequency instantaneous frequency trip point.

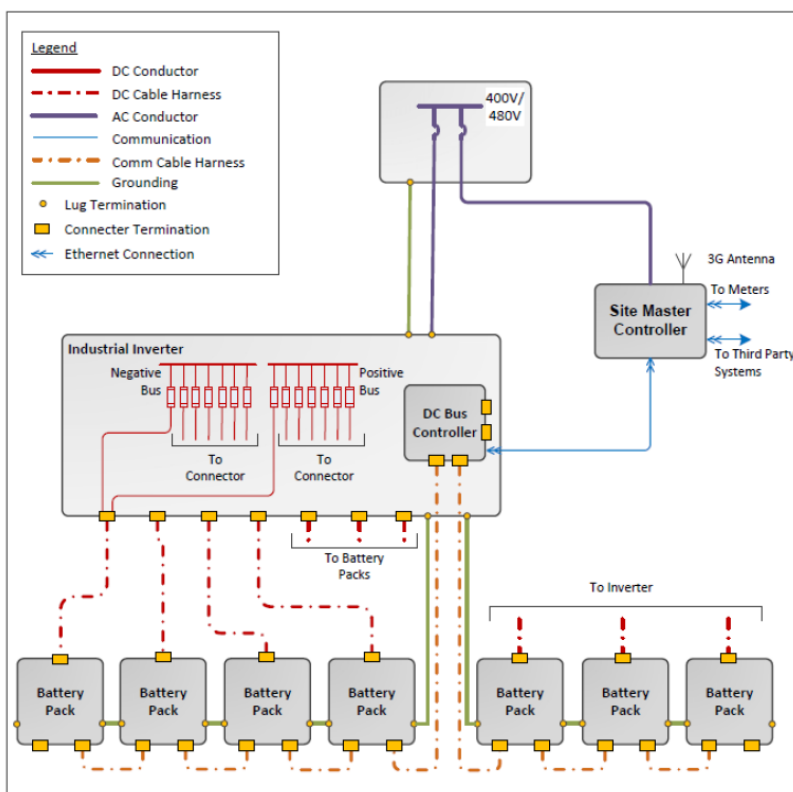
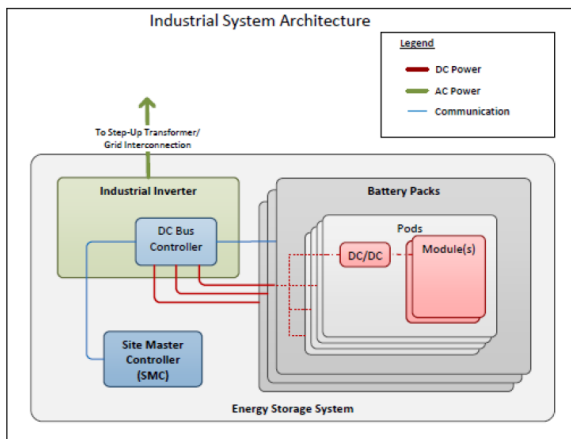
INVERTER SPECIFICATIONS		
Rated Power Output (10 modules)	540 kVA	650 kVA
Grid Frequency	50 or 60 Hz	
Peak Efficiency	99.0%	99.0%
Full Load Efficiency	98.5%	98.5%
Operating Temperature Range	- 30 to + 50°C	
System Configuration	Grounded 4-wire Wye	
Number of Powerpacks / DC inputs	Up to 20	



Caratteristiche tecniche Inverter regolatore di carica Tesla PowerPack

La soluzione di accumulo con batterie al litio è ad altissima innovatività. Il Power Pack Tesla consente di realizzare una microgrid completamente monitorabile e controllabile da remoto ed in grado di ottimizzare l’autoconsumo e risolvere allo stesso tempo problematiche di natura elettrica come il peak

shaving, la gestione della frequenza, la gestione in modalità off grid in caso di black out e l'ottimizzazione dell'acquisto di energia dalla rete.



molteplici funzioni operative tramite comando diretto al Powerpack Controller o attraverso una selezione di schemi di controllo. I comandi o gli schemi di controllo possono essere modificati via Modbus.

I sistemi di controllo disponibili includono:

Sistema autonomo : Il metodo di controllo Opticaster di Tesla ottimizza la carica e lo scarica delle batterie in base al profilo tariffario, alle previsioni del tempo e al carico del cliente;

Comando reale diretto: Regola la potenza attiva in assorbimento in base al punto di riferimento P definito;

Comando diretto reattivo : Regola la potenza reattiva in base al setpoint Q definito.

Target sito : L'utente può definire i set point del sito, che regola la gestione delle batterie, si imposterà nel nostro caso la minimizzazione dell'immissione di energia in rete.

Nel nostro caso avremo un singolo inverter ed un unico blocco Power Pack da 210 kWh di capacità di accumulo netta.

In base a queste tecnologie potremo descrivere il bilancio energetico della micro grid progettata :

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	Tot
Prodotta	16100	18800	30800	34400	41300	43700	46200	41300	30600	25400	18300	14600	361500
Consumi Diurni	21805	20929	16627	11996	17793	22552	22149	22274	21067	16611	9645	19565	223013
Consumi Notturmi	7272	5738	4174	5653	5349	9805	22017	22455	11023	6183	2138	7770	109577
Imnessa no Strg	0	0	14173	22404	23507	21148	24051	19026	9533	8789	8655	0	151286
Autcn no Strg	16100	18800	16627	11996	17793	22552	22149	22274	21067	16611	9645	14600	210214
Assorbita no Strg	12977	7866	4174	5653	5349	9805	22017	22455	11023	6183	2138	12735	122376
Strg	0	0	6510	6300	6510	6300	6510	6510	6300	6510	6300	0	57750
Strg %	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	75%
Iniettata Strg	0	0	9999	16751	18158	14848	17541	12516	3233	2606	6516	0	102169
Autcn Strg	16100	18800	20801	17649	23142	28852	28659	28784	27367	22794	11784	14600	259331
Assorbita Strg	12977	7866	0	0	0	3505	15507	15945	4723	0	0	12735	73258

Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico e del sistema di accumulo è stato determinato dal trade off tra le specifiche necessarie al raggiungimento del nZEB, della massimizzazione dell'autoconsumo, dell'ottimizzazione del riempimento medio annuo del sistema di storage e da considerazioni di opportunità economica.

I risultati ottenuti sono i seguenti :

Auto consumo : 72% - 259.331 kWh auto consumati su 361.500 kWh di produzione annua;

Autarchia energetica : 78% - 259.331 kWh auto prodotti su 332.590 kWh di fabbisogno annuo;

Riempimento medio storage : 75% della capacità mediamente utilizzata durante l'anno;

Dipendenza dalla rete : 22% - 73.258 kWh annui assorbiti dalla rete del distributore su 332.590 kWh di fabbisogno annuo;

I risultati energetici della grid sono molto interessanti, in quanto il complesso edilizio ha una dipendenza dalla rete molto bassa, pari al 22% del suo fabbisogno.

Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico sembra da questi numeri lievemente superiore alle necessità della grid, in quanto è stato realizzato per soddisfare, con condizioni da NZEB, i soli servizi concorrenti alla prestazione energetica : Climatizzazione invernale, estiva, illuminazione , ACS , ventilazione meccanica e trasporti. In realtà il fabbisogno elettrico sarà superiore perché ci saranno utenze diverse da tenere in considerazione come ad esempio il CED, le forze motrici varie utilizzate nelle aule, negli uffici e nei laboratori, impianti di irrigazione, autoclavi, oltre che una eventuale messa a disposizione di colonnine per la ricarica di veicoli elettrici. In questa ottica avere della disponibilità ulteriore di energia è una opportunità da gestire con il complesso edilizio a regime.

7.3 Integrazione tra micro grid e sistemi BACS, TBM e EMS

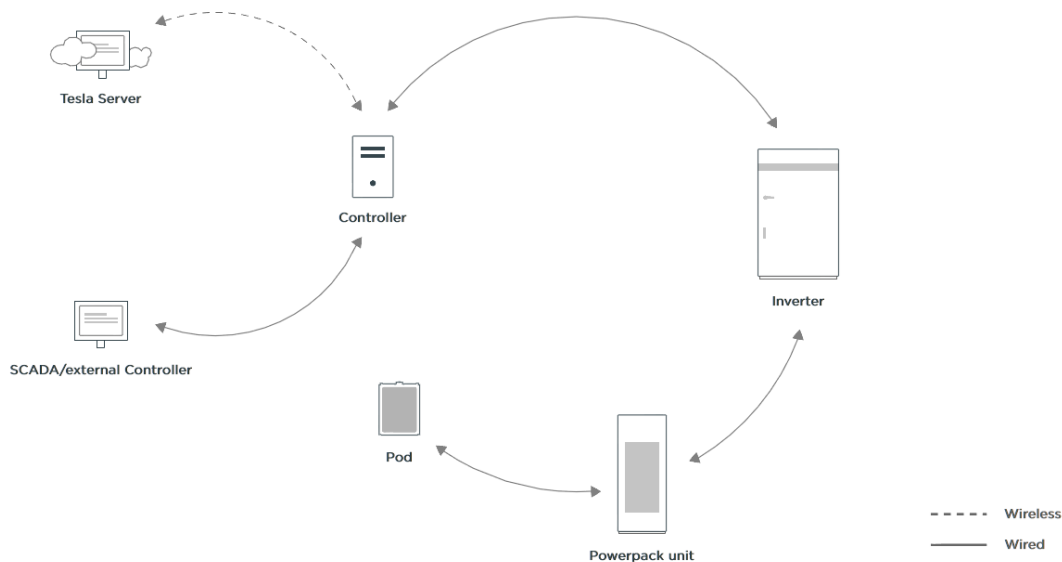
Un importante aspetto insito della gestione energetica del complesso scolastico sarà l'integrazione dei dati dei flussi energetici monitorati sulla micro grid con il sistema di Energy Management System (EMS) implementato assieme al Building automation and control System BACS.

Sarà rilevante infatti per ottimizzare l'utilizzo dell'energia minimizzare gli assorbimenti da rete e coordinare l'erogazione dei servizi con la disponibilità dei flussi energetici da fotovoltaico e storage all'interno della grid.

A questo scopo il software di controllo della building automation dovrà integrare i dati provenienti dal software di gestione della grid e utilizzarli per ottimizzare la prestazione energetica.

Come illustrato nell'immagine successiva, il sistema hardware delle grid è formato da una unità centrale chiamata controller e dal Powerpack block, costituito da un inverter e dalla Powerpack unit.

All'interno di quest'ultima sono presenti i Pod, ovvero le batterie cilindriche agli ioni di litio assemblate in serie e in parallelo.



Il controller Tesla gestisce e monitora il sistema permettendo di interfacciarsi con dispositivi terzi come ad esempio il software di gestione del BACS e del EMS. Inoltre il controller comunica con ciascun Powerpack block su una rete privata TCP. Il Powerpack block è controllato dall'inverter, quando riceve un comando di carica/scarica dal controller invierà un comando su una linea DC Bus attivando una carica/scarica dei pods e allo stesso tempo un comando all'inverter. Il controller raggruppa in tempo reale le informazioni di ogni Powerpack block, le rielabora per poi ottimizzare i comandi da inviare a ciascuno di essi.

Il controller risulta essere il punto di interfaccia per il sistema Powerpack, esso fornisce un'interfaccia di comunicazione esterna verso il sistema software del cliente. Il dispositivo può comunicare con relè, contatori e trasformatori tramite RS-485, segnale digitale I/O o TCP. A tale proposito come prima ipotesi il software di gestione del BACS e del EMS verrà integrato con le funzionalità necessarie a gestire i flussi energetici della grid e ottimizzare la prestazione energetica complessiva.

I dati della grid, una volta elaborati, potrebbero venire inoltre trasmessi negli edifici del complesso scolastico per poter essere facilmente fruibili dagli utenti, ad esempio, con dei pannelli intelligenti che visualizzeranno in sequenze le informazioni raccolte.

Potrebbero essere mostrati la produzione degli impianti fotovoltaici, i consumi delle utenze, lo stato di carica delle batterie ed il loro contributo all'interno della grid. Potrà, inoltre, essere visualizzato il livello di autosufficienza raggiunto dal polo scolastico, la relativa quantità di CO₂ evitata e i risparmi energetici generati dal BACS.

Particolare cura sarà data anche al problema crescente della cybersecurity all'interno delle Smart Grid. A tale proposito verrà previsto che tutti i sistemi SCADA siano dotati di tecnologia per fronteggiare possibili attacchi informatici dall'esterno.

Capitolo 8 – Indicazione di spesa sommaria

Nella tabella seguente viene esposta la stima sommaria delle spese per la realizzazione delle opere impiantistiche. La logica seguita è quella di suddividere i costi nella parte di impiantistica elettrica legata alla Media Tensione e alla cabina di consegna/trasformazione. Una parte legata alla distribuzione degli impianti elettrici comprensivi di quelli speciali, una relativa all'illuminazione interna ed esterna e infine una dedicata alla sezione della generazione fotovoltaica con relativo storage.

Cabina di consegna e trasformazione comprensivi di apparecchi di protezione e interfacciamento con la rete elettrica	€ 100.000,00
Impianti elettrici e speciali e BACS	€ 588.000,00
Illuminazione per interni ed esterni	€ 175.000,00
Sistema di generazione Fotovoltaica comprensivo di sistemi per l'interfacciamento con la rete e organi di protezione	€ 378.000,00
Sistema di storage comprensivo di sistemi di interfacciamento con la rete e organi di protezione	€ 150.000,00
a) Totale Impianti elettrici e speciali	€ 1.391.000,00
b) Impianti termotecnici	€ 1.800.000,00
TOTALE (a + b)	€ 3.191.000,00

Capitolo 9 – Classe Energetica, risultati e conclusioni

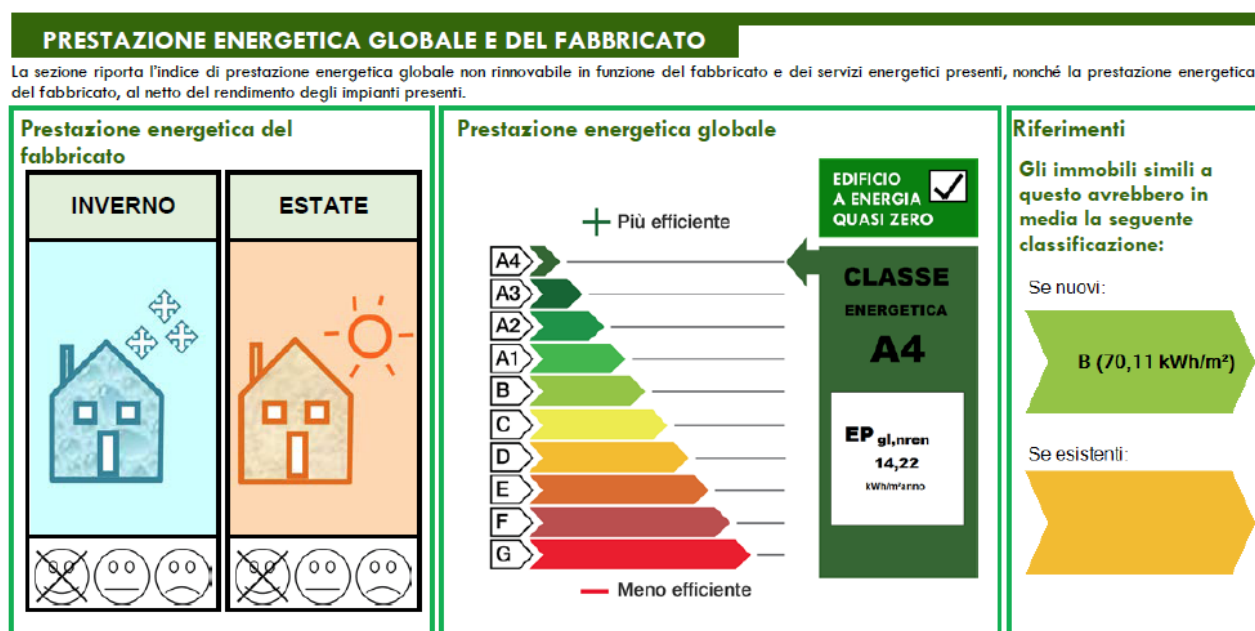
Il dimensionamento e la progettazione del sistema edificio impianto hanno portato al raggiungimento degli obiettivi preposti, in particolare il raggiungimento della qualifica nZEB e la massima classe energetica possibile A4.

Si allegano di seguito un estratto dall'APE del sistema edificio impianto riassuntiva dei risultati descritti e l'insieme delle verifiche di legge per il raggiungimento dei requisiti nZEB.

Il livello di integrazione e automazione raggiunto nei sistemi impiantistici è massimo e corrispondente alla classe A della norma EN 15232. Tale risultato è stato ottenuto progettando una distribuzione dati su bus KNX in parallelo alle distribuzioni elettriche e termotecniche che costruiscano un sistema BACS comprendente tutti i servizi del sistema edificio impianto.

Il completamento della gestione energetica è stato ottenuto progettando una microgrid elettrica costituita da un impianto fotovoltaico da 252 kWp integrato nelle falde dell'edificio e un sistema di accumulo centralizzato Tipo Tesla Power Pack da 210 kWh di capacità netta.

Dallo studio del bilancio energetico si è desunto un livello di autarchia elettrica del sistema edificio impianto altissimo, pari al 78% del fabbisogno energetico del complesso scolastico, con un conseguente assorbimento da rete di energia elettrica molto basso, pari a 73.258 kWh annui (22%) su 332.590 kWh di fabbisogno annuo;



La sezione riporta gli indici di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi annui di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
☒	Energia elettrica da rete	50120 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 14,22
☐	Gas naturale		
☐	GPL		
☐	Carbone		
☐	Gasolio e olio combustibile		
☐	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 56,33
☐	Biomasse liquide		
☐	Biomasse gassose		
☒	Solare fotovoltaico	358660 kWh	
☐	Solare termico		
☐	Eolico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 6,1
☐	Teleriscaldamento		
☐	Teleraffrescamento		
☐	Altro (specificare)		

Capitolo 10 - Soluzioni finalizzate alla riduzione dei consumi e al riciclo ed il riutilizzo della risorsa idrica.

In maniera complementare e integrata al tema della sostenibilità ambientale durante l'intero ciclo di vita del nuovo edificio. In linea con quanto espresso dal D.L. 152 – 11 maggio 1999 e dal decreto 185 del 12 giugno 2003 recanti le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue per la depurazione e la distribuzione delle acque reflue al fine del loro recupero e riutilizzo in campo domestico industriale e urbano, in progetto sono state considerate e applicate le misure necessarie **all'eliminazione degli sprechi, alla riduzione dei consumi e a incrementare il riciclo e il riutilizzo**, utilizzando le migliori tecniche disponibili per la risorsa **acqua**.

In progetto viene prevista la realizzazione di **sistemi di recupero** delle acque grigie e riutilizzo delle stesse per gli scarichi dei water, irrigazione ed altri usi non potabili.

Palermo rientra in un'area con piovosità media di 600mm annui, può quindi essere economicamente conveniente pensare di integrare il sistema con uno per il recupero dell'acqua piovana.

Saranno inoltre impiegati dispositivi e componenti atti a ridurre i consumi delle apparecchiature idrosanitarie (vaso WC a ridotto consumo idrico, dispositivi di minor consumo degli sciacquoni, sciacquoni a basso flusso o a flusso differenziato, rubinetteria a basso consumo, riduttori di flusso, frangi getto, docce a flusso ridotto, riduttori di pressione, ecc.) e delle apparecchiature irrigue nei giardini privati o condominiali (irrigazione programmata con timer elettronico, micro irrigazione, irrigazione a goccia, tecniche e pratiche del "Water Efficient Gardening", ecc.)

Stima del consumo idrico

Il fabbisogno medio per il consumo idrico della scuola si può stimare intorno ai 45 litri/studente giorno.

Con 754 occupanti in media (secondo dimensionamento scolastico in progetto) il fabbisogno giornaliero si traduce in circa 40 mc/giorno. Per 200 giorni (da calendario scolastico) sono **8000 m³/anno**

Consumo medio di acqua per le aree verdi:

Orti – 1000 m ²	60 m ³ /anno
Aree verdi – 8800 m ²	1320 m ³ /anno

Stima totale consumo idrico **9380 m³/anno**

Costo medio dell'acqua nel comune di Palermo = 1,32€/mc per un'incidenza annuale di circa 12.386 €

È evidente come sia utile ipotizzare quindi sistemi di recupero delle acque per abbattere notevolmente i costi da rete. Il dimensionamento esatto dell'impianto sarà comunque oggetto della progettazione definitiva.

Un moderno sistema di raccolta della pioggia si basa fundamentalmente su tre elementi:

- il sistema di intercettazione, ovvero la rete che raccoglie le acque dalla superficie drenata e le filtra prima di immetterle nella cisterna;
- il serbatoio;
- il sistema di sollevamento e distribuzione delle acque per gli usi previsti.

Il sistema di intercettazione, la cui funzione è quella di raccoglimento e filtrazione delle acque destinate allo stoccaggio negli appositi serbatoi, è costituito dalla superficie di raccolta (ovvero il tetto) su cui scorre l'acqua piovana, dalle grondaie e dai discendenti che portano l'acqua dal tetto al serbatoio, dai deviatori delle acque di prima pioggia e dai filtri.

Il sistema di distribuzione, invece, è a tutti gli effetti un impianto idraulico atto a prelevare l'acqua dal serbatoio e a distribuirla agli apparecchi che la utilizzano, che devono quindi essere allacciati ad un doppio impianto che permetta il prelievo differenziato in relazione ai consumi e alla disponibilità delle riserve.

Per evitare pericoli di contaminazione, tubazioni e terminali dell'impianto di riciclaggio devono essere marchiati in modo chiaro e nei punti di prelievo (rubinetti, ecc.) deve essere esposta in modo ben visibile la scritta "acqua non potabile".



Tutte le superfici impermeabili **non sottoposte al transito degli autoveicoli** sono adatte come aree di raccolta: tetti, terrazzi, balconi, marciapiedi. Il calcolo delle sezioni di canali di gronda, bocchettoni, pluviali, pozzetti di drenaggio, caditoie e tubazioni di raccolta deve tener conto dei dati climatologici, della quantità e durata delle piogge e dei dati geometrici, della sommatoria delle superfici che possono ricevere le precipitazioni. I materiali e i componenti devono uniformarsi alle corrispondenti norme di prodotto e devono resistere all'azione chimica degli inquinanti atmosferici ed alle azioni meccaniche degli agenti atmosferici quali grandine, vento, le precipitazioni nevose se abbondanti, ecc.

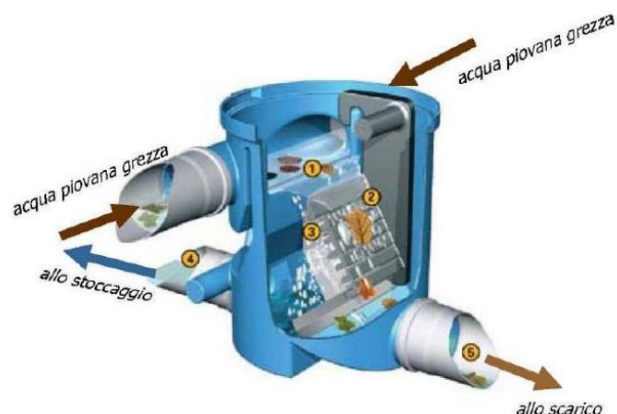
Tra le innovazioni tese a risolvere il frequente problema dell'intasamento delle grondaie e dei pluviali, causato da accumuli di foglie e altri residui che cadono sulle coperture, vanno segnalate particolari grondaie predisposte per la raccolta dell'acqua fornite di sistemi che chiudono la parte superiore della grondaia stessa. L'acqua passa attraverso delle pilette con griglia, oppure da feritoie lungo tutta la lunghezza del canale o ancora attraverso reti che fanno corpo unico con il canale stesso.



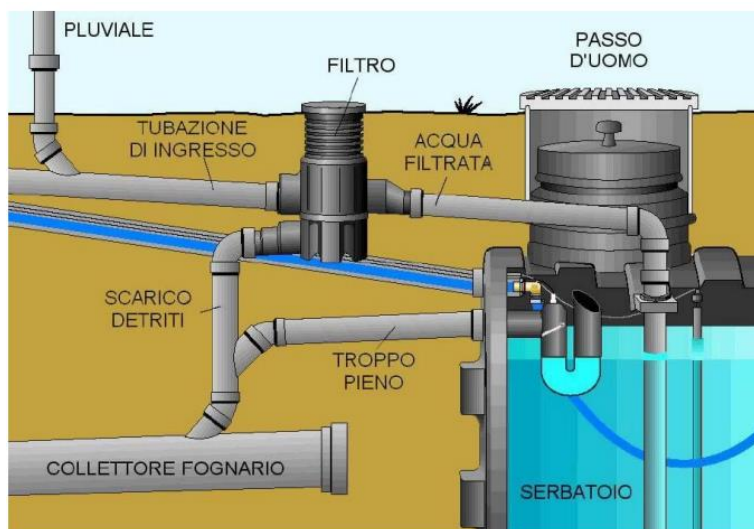
All'interno dell'impianto di raccolta dell'acqua piovana, il problema del "first flush", caratterizzato da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti, viene risolto grazie all'installazione nel pluviale di un

deviatore di acque di prima pioggia chiamato firstflush diverter, la cui funzione è quella di ridurre il picco inquinante trattenendo la prima parte dell'evento meteorico.

Il passo successivo consiste nella filtrazione dell'acqua meteorica. Il sistema di filtrazione assume un'importanza particolare nell'economia dell'intera linea tecnologica in quanto ad esso è richiesto di evitare l'immissione nel serbatoio di detriti e corpi estranei raccolti dall'acqua piovana nel suo percorso che, sedimentando, porterebbero ad un deterioramento della qualità dell'acqua ed al rischio d'intasamento delle condotte e del sistema di pompaggio e di pressurizzazione. L'importanza di tale sistema è dimostrata anche dal fatto che un'intera sezione della normativa E DIN 1989 sia ad esso dedicata.



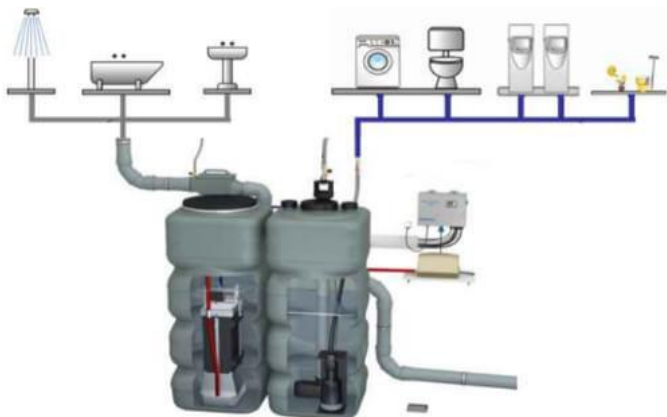
Lo stoccaggio dell'acqua avviene per mezzo di serbatoi appositamente progettati per la raccolta dell'acqua piovana. La gamma di serbatoi varia a seconda del materiale, della forma, della capienza e della sua collocazione. La posizione del serbatoio determina il tipo di sotto-sistema di distribuzione (con o senza pompa) e quindi anche gli utilizzi, i costi complessivi di installazione e manutenzione, la forma (compatta per interno, resistente per interramento) e i materiali impiegati. Le alternative riguardo alla collocazione del serbatoio possono essere: fuori terra, all'interno dell'edificio (cantina, garage) e interrato.



Prima di raggiungere le utenze finali, l'acqua raccolta nella cisterna deve essere trattata, al fine di eliminare qualsiasi rischio in fase di utilizzo per la salute dell'uomo. Il trattamento consiste in genere in processi di filtrazione e disinfezione. In una prima fase si procede alla filtrazione per rimuovere gli eventuali solidi sospesi, mediante

filtri a cartuccia, a sabbia, a carbone attivo o a membrana. Successivamente per eliminare gli eventuali microrganismi presenti, si procede alla fase di disinfezione che di solito si esegue con un debatterizzatore a raggi ultravioletti (U.V.), oppure attraverso trattamenti chimici a base di cloro o ozono. Un sistema di alimentazione appositamente studiato e controlli elettronici gestiscono e controllano queste lampade per la migliore performance.

Recupero acque grigie



Le acque reflue possono essere distinte in “grigie” e “nere”, a seconda del loro utilizzo di provenienza. Nella loro composizione, **le acque grigie** non hanno in genere solidi sospesi e costituiscono circa il 70% dei reflui domestici e si depurano più facilmente delle acque nere, si distinguono per una maggiore velocità di degradazione degli inquinanti; si prestano dunque ad essere recuperate e depurate così come accade per le acque meteoriche, per poi essere riutilizzate per quelle funzioni che non necessitano di acqua potabile, come l’irrigazione o gli scarichi delle toilette.

Il riutilizzo delle acque grigie deve essere progettato in modo da garantire un appropriato trattamento prima del riutilizzo, tale da rispettare i limiti imposti dal DM 185/2003 e l’adduzione separata dalla normale rete dell’acqua potabile ai vari servizi per i quali è possibile utilizzare acqua di più bassa qualità

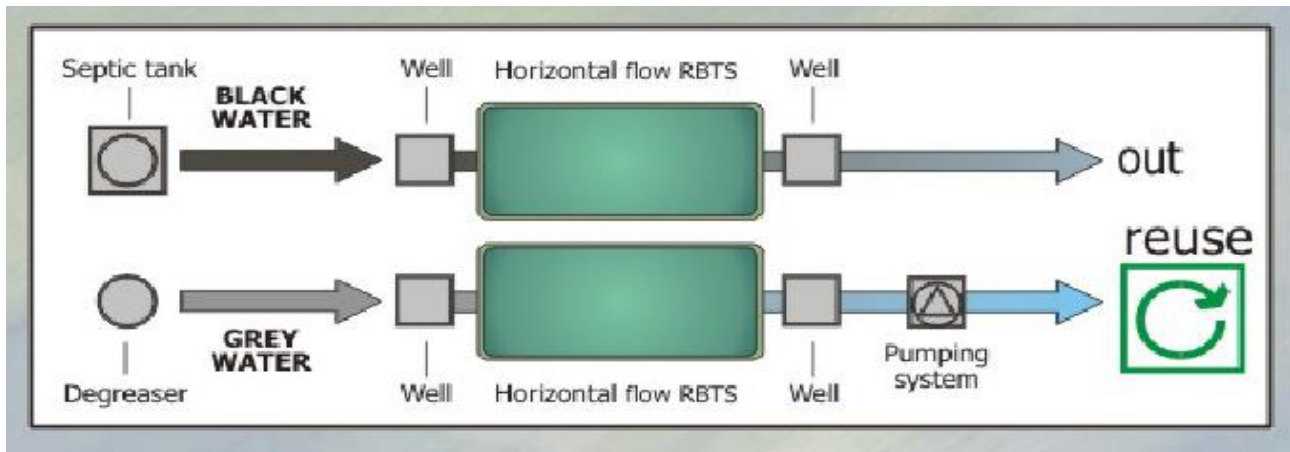
- Il processo di recupero necessita: la separazione degli scarichi delle acque grigie da quelli delle acque nere per facilitare la gestione e la depurazione
- la realizzazione di reti distinte di distribuzione idrica (potabile e non potabile), relegando l’uso dell’acqua potabile alle funzioni per cui è necessaria e riducendo dunque gli sprechi
- il trattamento e il riutilizzo delle acque grigie depurate per scopi non potabili, come l’irrigazione di aree a verde, il riempimento delle cassette di risciacquo dei WC, il lavaggio di aree esterne.

Tutto il processo deve riferirsi inoltre alle norme:

- **D.P.R. 24 maggio 1988, n.236** (qualità delle acque destinate al consumo umano)
- **Legge 30 maggio 1991, n.135** (trattamento delle acque reflue urbane)
- **Legge 5 gennaio 1994, n.36** (la cosiddetta "Legge Galli")
- **D.Lgs n. 152 del 11 maggio 1999** (Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento recepimento delle direttive 91/271/CEE e 91/676/CEE)

Gli scarichi delle acque grigie devono addurre ad un apposito sistema di depurazione e di accumulo, stanziato nella parte inferiore degli edifici o negli appositi locali tecnici.

Il sistema di depurazione si divide nel trattamento primario, atto all'eliminazione dei grassi e delle schiume, e in un trattamento secondario (filtrazione mediante membrane o SBR) che permette di raggiungere le concentrazioni di agenti inquinanti fissate dalla legge e di bloccare eventuali solidi. Infine può essere necessario, prima dell'ingresso nel sistema di accumulo, il collocamento di un sistema di disinfezione dimensionato in base al flusso in entrata



1. Tra i più comuni, rientra, senz'altro, l'**ultrafiltrazione**, che riporta le acque grigie a uno stato igienicamente puro, grazie all'utilizzo di membrane che separano solidi sospesi, colloidali (particelle dal diametro molto piccolo, responsabili della torbidità o del colore dell'acqua), batteri e virus.
2. L'acqua potrà, inoltre, subire processi di **disinfezione attraverso l'ozono**. Questo gas, prodotto dall'ossigeno in generatori alimentati elettricamente e raffreddati ad acqua, disciolto nell'acqua, produce, a propria volta, ossigeno biatomico, in grado di distruggere molecole organiche resistenti e difficilmente biodegradabili. In breve tempo, l'acqua è sterilizzata e circa il 99,99% degli agenti patogeni eventualmente presenti è debellato.
3. Infine, le tecniche di **fitodepurazione** rappresentano un sistema naturale, in cui le acque grigie passano attraverso un bacino impermeabilizzato colmo di materiale ghiaioso e sabbia (ad azione filtrante) e di piante acquatiche, che favoriscono la crescita dei microrganismi artefici della depurazione. Questi impianti, oltre a comportare bassi costi di installazione, richiedono anche poca manutenzione.

POSSIBILI SISTEMA TIPO IDROCELL

È un impianto di Ultra Filtrazione su membrane, che consente di trattenere macromolecole solubili ed ogni sostanza di dimensioni superiori al taglio molecolare della membrana.

Il processo di depurazione si svolge in più fasi:

- 1) filtrazione grossolana;
- 2) accumulo delle acque grigie non trattate (una o più vasche);
- 3) ultrafiltrazione con membrane (una o più bioreattori);
- 4) accumulo delle acque depurate (una o più vasche).

Inizialmente le acque grigie sono trattate meccanicamente mediante una filtrazione grossolana al fine di rimuovere tutti gli eventuali solidi sospesi presenti, quali lanuggine, fibre tessili e capelli.

Un'unità di controlavaggio automatico provvede a mantenere la piastra del filtro pulita ed efficiente.

Nella fase successiva, mediante una pompa di alimentazione, le acque grigie sono addotte ai bioreattori,

all'interno dei quali sono alloggiate le membrane di ultrafiltrazione.

Il sistema è studiato affinché, grazie allo sviluppo di microrganismi specifici, avvenga una prima rimozione delle sostanze biodegradabili presenti nel refluo, quali saponi e shampoo ricchi in tensioattivi.

Successivamente, grazie ad una larghezza fisica dei pori di 35 nm (2.500 volte più sottile di un capello umano), tutte le particelle solide, germi e virus sono trattenuti dalle membrane e rimossi dalle acque.

Il processo di rimozione è ottimizzato da un sistema di areazione che non solo incrementa l'efficienza di depurazione delle membrane, ma garantendo una pulizia costante delle piastre filtranti, aumenta la vita del sistema e riduce i costi di manutenzione al minimo.

Grazie al bassissimo valore residuo di nutrienti ($BOD_5 < 5 \text{ mg/L}$), l'acqua ultra-filtrata e depurata è adatta per essere riutilizzata in diverse applicazioni.

In caso di mancanza di acque di processo, mediante un sistema automatico di reintegro con acqua di rete, è assicurata la continua fornitura idrica alle utenze.

MEMBRANE AD ULTRAFILTRAZIONE

I moduli di ultrafiltrazione sommersi sono costituiti da sostegni di plastica robusti ai quali vengono incollate le membrane di ultrafiltrazione, su entrambi i lati.

I reflui da trattare fluiscono dall'esterno verso l'interno dei piatti filtranti, attraversando le membrane e confluendo in un collettore grazie all'applicazione di una leggera depressione (- 0,1 bar).

Le particelle, i batteri e i virus sono fisicamente trattenuti dalle membrane.

Tramite diffusori a bolle fini e grazie alla particolare struttura dei piatti filtranti si verifica un effetto autopulente delle membrane in modo continuo e ecologico.

È necessario effettuare una pulizia delle membrane con prodotti chimici solamente una o due volte l'anno.

ESEMPIO VOCE DI CAPITOLATO

Impianto di riutilizzo delle acque grigie da Interro composto dalle seguenti sezioni: accumulo iniziale delle acque grigie, bioreattore di trattamento con tecnologia ad ultrafiltrazione e accumulo finale delle acque filtrate.

Sarà completo di:

- serbatoi da interro/per installazioni fuori terra del tipo MONOBLOCCO prefabbricati in polietilene ad alta densità di forma cilindrica muniti di chiusino e bocchelli d'ingresso e d'uscita;
- bioreattore dotato di telaio idoneo all'alloggiamento di moduli a membrana di ultrafiltrazione in PES, diametro pori 35 nm (numero di moduli, dimensioni e superficie della membrana da definire in funzione della portata giornaliera di acque grigie).

L'impianto dovrà inoltre comprendere le apparecchiature elettromeccaniche necessarie: filtro grossolano autopulente con maglie inox, pompa monofase di alimentazione del bioreattore, soffiante monofase per aereazione modulo membrane, pompa monofase di estrazione permeato, diffusori a disco con membrana EPDM per aerazione a bolle fini, e sistema di reintegro dell'acqua di rete. Quadro elettrico di comando e controllo completo di software per la gestione automatica di tutte le fasi di trattamento, allarme in caso di malfunzionamento, possibilità di gestione in remoto mediante GSM - e tutto quanto serve al corretto funzionamento dell'impianto.

Appendice - Elaborati Grafici



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO:

VALIDO FINO: 26/03/2028



DATI GENERALI

Destinazione d'uso

- ☐ Residenziale
☒ Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: E.7

Oggetto dell'attestato

- ☒ Intero edificio
☐ Unità immobiliare
☐ Gruppo di unità immobiliari

Numero di unità immobiliari
di cui è composto l'edificio: 1

- ☒ Nuova costruzione
☐ Passaggio di proprietà
☐ Locazione
☐ Ristrutturazione importante
☐ Riqualificazione energetica
☐ Altro: _____

Dati identificativi

Regione: Sicilia

Comune: Palermo (PA)

Indirizzo: viale venere

Piano: 1

Interno:

Coordinate GIS: 38,1167, 13,3500

Zona climatica: B

Anno di costruzione: 2018

Superficie utile riscaldata: 6.873,3 m²

Superficie utile raffrescata: 6.139,3 m²

V lordo riscaldato: 38.225,1 m³

V lordo raffrescato: 31.412,6 m³

Comune catastale			G273			Sezione			Foglio			Particella		
Subalterni	da		a			da			a			da		
Altri subalterni														

Servizi energetici presenti

- ☒ Climatizzazione invernale
☒ Ventilazione meccanica
☒ Illuminazione
☒ Climatizzazione estiva
☒ Prod. acqua calda sanitaria
☒ Trasporto di persone o cose

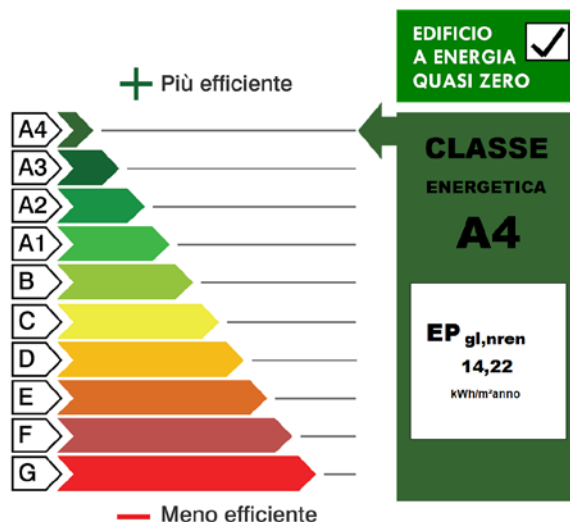
PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato

INVERNO	ESTATE

Prestazione energetica globale



Riferimenti

Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:

Se nuovi:

B (70,11 kWh/m²)

Se esistenti:



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO:

VALIDO FINO: 26/03/2028



PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta gli indici di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi annui di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
☒	Energia elettrica da rete	50120 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 14,22
☐	Gas naturale		
☐	GPL		
☐	Carbone		
☐	Gasolio e olio combustibile		
☐	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 56,33
☐	Biomasse liquide		
☐	Biomasse gassose		
☒	Solare fotovoltaico	358660 kWh	
☐	Solare termico		
☐	Eolico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 6,1
☐	Teleriscaldamento		
☐	Teleraffrescamento		
☐	Altro (specificare)		

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE

INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
REN1					kWh/m ² anno
REN2					
REN3					
REN4					
REN5					
REN6					



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO:

VALIDO FINO: 26/03/2028



DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	54.745,98 kWh/anno	Vettore energetico: Energia elettrica
-------------------	--------------------	---------------------------------------

DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

SUPERFICI E RAPPORTO DI FORMA		
V - Volume riscaldato	38.225,1	m ³
Superficie disperdente	17.748,1	m ²
Rapporto S/V	0,46	
EP _{H,nd}	18,65	kWh/m ² anno
Asol,est/A suputile	0,0151	-
YIE	0,024	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EPren	EPnren
Climatizzazione invernale	PDC 1 (Aule Scolastiche)	2019		Energia elettrica	313,00	0,942	η_H	13,66 kWh/m ² anno	6,14 kWh/m ² anno
	PDC 2 (Biblioteca, Laboratori)	2019		Energia elettrica	110,00				
	PDC 3 (Mensa Scuola, Auditorium)	2019		Energia elettrica	70,90				
	PDC 4 (Mensa Asilo, Uffici, Asilo, Ingresso)	2019		Energia elettrica	156,99				
	PDC 5 (Palestra, Spogliatoi palestra)	2019		Energia elettrica	70,90				
Climatizzazione estiva	PDC 1 (Aule Scolastiche)	2019		Energia elettrica	273,10	1,645	η_C	19,14 kWh/m ² anno	1,82 kWh/m ² anno
	PDC 2 (Biblioteca, Laboratori)	2019		Energia elettrica	97,60				
	PDC 3 (Mensa Scuola, Auditorium)	2019		Energia elettrica	63,40				
	PDC 4 (Mensa Asilo, Uffici, Asilo, Ingresso)	2019		Energia elettrica	136,50				
Produzione acqua calda sanitaria	Pompa di calore a compressione di vapore	2019		Energia elettrica	2,67	0,874	η_w	2,32 kWh/m ² anno	0,19 kWh/m ² anno
	Pompa di calore a compressione di vapore	2019		Energia elettrica	2,67				
	Pompa di calore a compressione di vapore (Palestra)	2019		Energia elettrica	7,17				

Impianti combinati									
Prod. da fonti rinnovabili	1-Fotovoltaico	2019			252,00				
	2-Pompa di calore	2019			262,49				
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica	2019			73,50			6,03 kWh/m ² anno	1,86 kWh/m ² anno
Illuminazione	Impianto di illuminazione	2019			27,12			14,90 kWh/m ² anno	4,13 kWh/m ² anno
Trasporto di persone o cose	Ascensore 1	2019			5			0,29 kWh/m ² anno	0,08 kWh/m ² anno
	Ascensore 2	2019			5				

Verifiche di legge secondo Normativa NAZIONALE: L 90/2013 - D.M. Requisiti Minimi - Unità immobiliare 01

Valori limite di riferimento: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90 - anno 2021

Tipo di intervento: Nuova costruzione o demolizione e ricostruzione - NZEB

DETTAGLIO DELLE VERIFICHE DI LEGGE - Unità immobiliare 01

RIASSUNTO ED ESITO DELLE VERIFICHE

Vengono mostrate solo le verifiche obbligatorie per il tipo di intervento selezionato.

	Esito	Verificato
Condensa superficiale e interstiziale	26 / 26	SI
Trasmittanza partizioni interne	N.C.	-
Coefficiente medio globale di scambio termico H'T	1 / 1	SI
Area solare estiva equivalente per unità di superficie utile	1 / 1	SI
Indice di prestazione termica	2 / 2	SI
Efficienza media stagionale	3 / 3	SI
Indice di prestazione globale	1 / 1	SI
Prestazioni limite D.Lgs 28/2011 con fonti rinnovabili	4 / 4	SI
VERIFICATO NZEB		

CONDENSA SUPERFICIALE

	Valore	Limite	Um	Verificato
Parete esterna standard - frsi Max	0,39	0,97	-	SI
Parete esterna ambienti umidi - frsi Max	0,39	0,97	-	SI
Divisori interni - frsi Max	0,39	0,95	-	SI
Divisori interni ambienti umidi - frsi Max	0,39	0,95	-	SI
Tramezzature interne standard - frsi Max	0,39	0,90	-	SI
Tramezzature interne ambienti umidi - frsi Max	0,39	0,90	-	SI
Copertura - frsi Max	0,39	0,97	-	SI
Tramezzature interne ZNR - frsi Max	0,00	0,90	-	SI
Divisori interni ZNR - frsi Max	0,00	0,95	-	SI
Parete esterna ZNR - frsi Max	0,39	0,97	-	SI
Pavimento Piano Terra - frsi Max	0,00	0,96	-	SI

Copia di Pavimento Piano Terra - frsi Max	0,00	0,94	-	SI
Solaio intermedio - frsi Max	0,39	0,96	-	SI

CONDENSA INTERSTIZIALE				
	Valore	Limite	Um	Verificato
Parete esterna standard - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Parete esterna ambienti umidi - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Divisori interni - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Divisori interni ambienti umidi - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Tramezzature interne standard - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Tramezzature interne ambienti umidi - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Copertura - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Tramezzature interne ZNR - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Divisori interni ZNR - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Parete esterna ZNR - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Pavimento Piano Terra - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Copia di Pavimento Piano Terra - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI
Solaio intermedio - Ma max	0,00	0,00	Kg/m²	SI

COEFFICIENTE MEDIO GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE PER UNITÀ DI SUPERFICIE DISPERDENTE				
	Valore	Limite	Um	Verificato
H'T Unità immobiliare 01	0,43	0,63	W/m²K	SI
H'T edificio intero	0,43	0,63	W/m²K	SI

AREA SOLARE EQUIVALENTE ESTIVA PER UNITÀ DI SUPERFICIE UTILE				
	Valore	Limite	Um	Verificato
Asol,est/Asup utile Unità immobiliare 01	0,02	0,04	-	SI
Asol,est/Asup utile edificio intero	0,02	0,04	-	SI

INDICE DI PRESTAZIONE TERMICA UTILE PER RISCALDAMENTO				
	Valore	Limite	Um	Verificato
EPH,nd	18,65	27,45	kWh/m²ann	SI

INDICE DI PRESTAZIONE TERMICA UTILE PER RAFFRESCAMENTO

	Valore	Limite	Um	Verificato
EPC,nd	34,49	34,65	kWh/m²ann	SI

EFFICIENZA MEDIA STAGIONALE

	Valore	Limite	Um	Verificato
ng,H,tot - Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale	0,94	0,94	-	SI
ng,W,tot - Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione di ACS	0,87	0,79	-	SI
ng,C,tot - Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva	1,65	0,92	-	SI

INDICE DI PRESTAZIONE GLOBALE DELL'EDIFICIO

	Valore	Limite	Um	Verificato
EPgl,tot	70,55	105,79	kWh/m²ann	SI

COPERTURA PERCENTUALE PER LA PRODUZIONE DI ACS DA FONTE RINNOVABILE

	Valore	Limite	Um	Verificato
Copertura percentuale	92,33	50,00	%	SI

COPERTURA PERCENTUALE DEI CONSUMI PREVISTI PER LA PRODUZIONE DI ACS, RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO DA FONTE RINNOVABILE

	Valore	Limite	Um	Verificato
Copertura percentuale	81,16	55,00	%	SI

POTENZA MINIMA INSTALLATA PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA PER FONTE RINNOVABILE

	Valore	Limite	Um	Verificato
Potenza installata	279,25	0,00	kW	SI

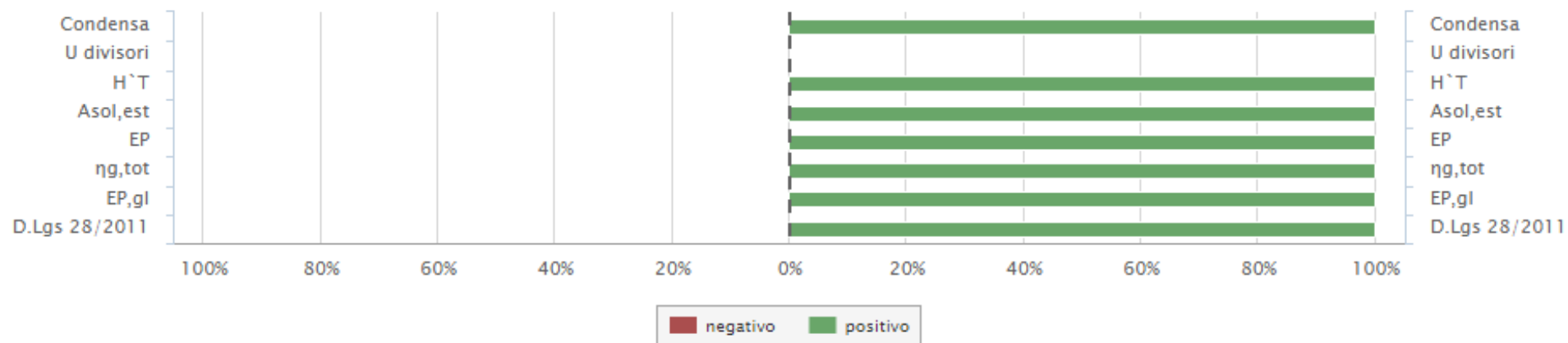
VERIFICA PRESTAZIONE LIMITE D.Lgs 28/2011 CON FONTI RINNOVABILI

	Valore	Limite	Um	Verificato
Prestazione globale	70,55	79,34	kWh/m²ann	SI

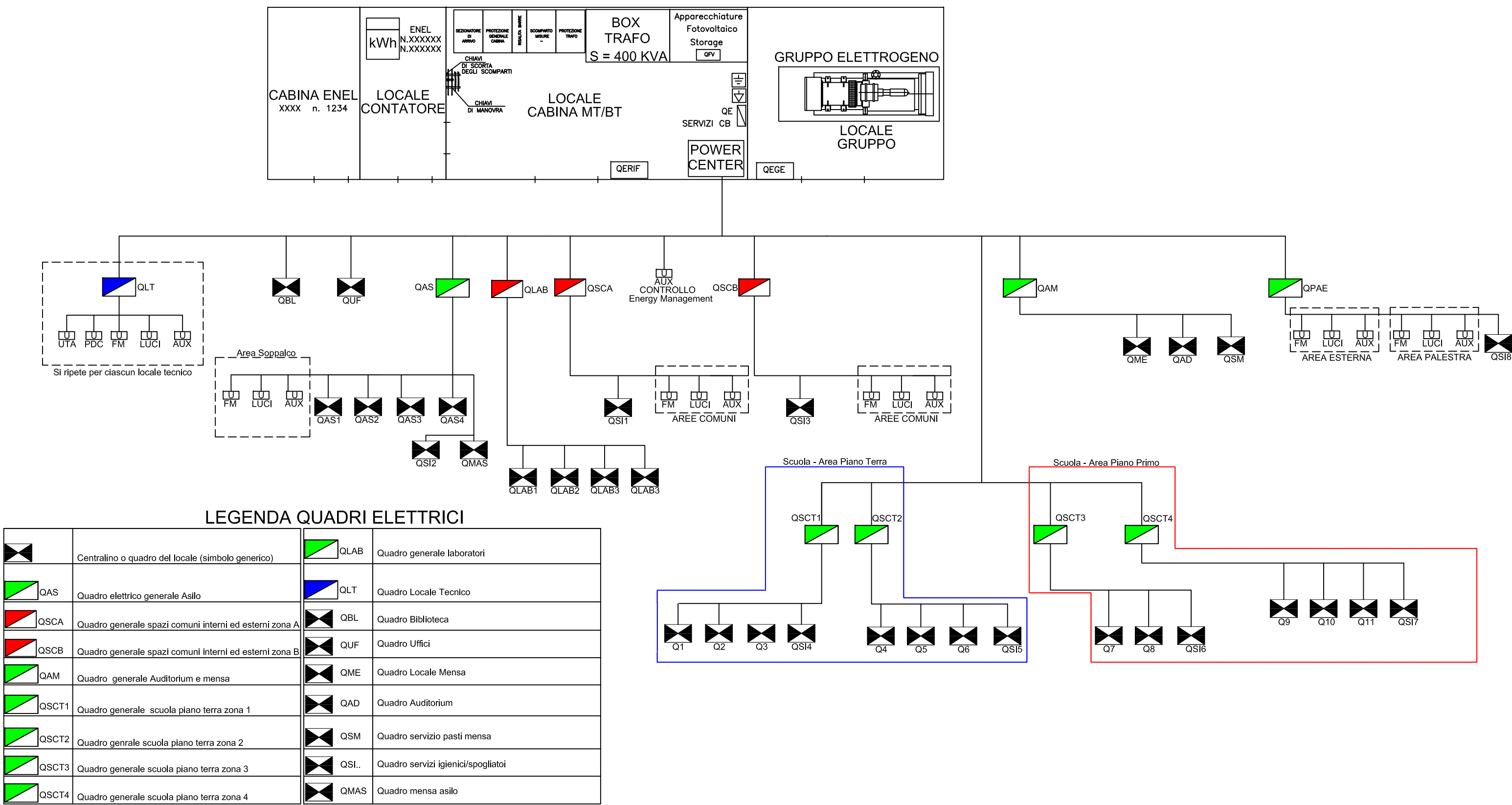
Esito delle verifiche di legge – Unità immobiliare 01

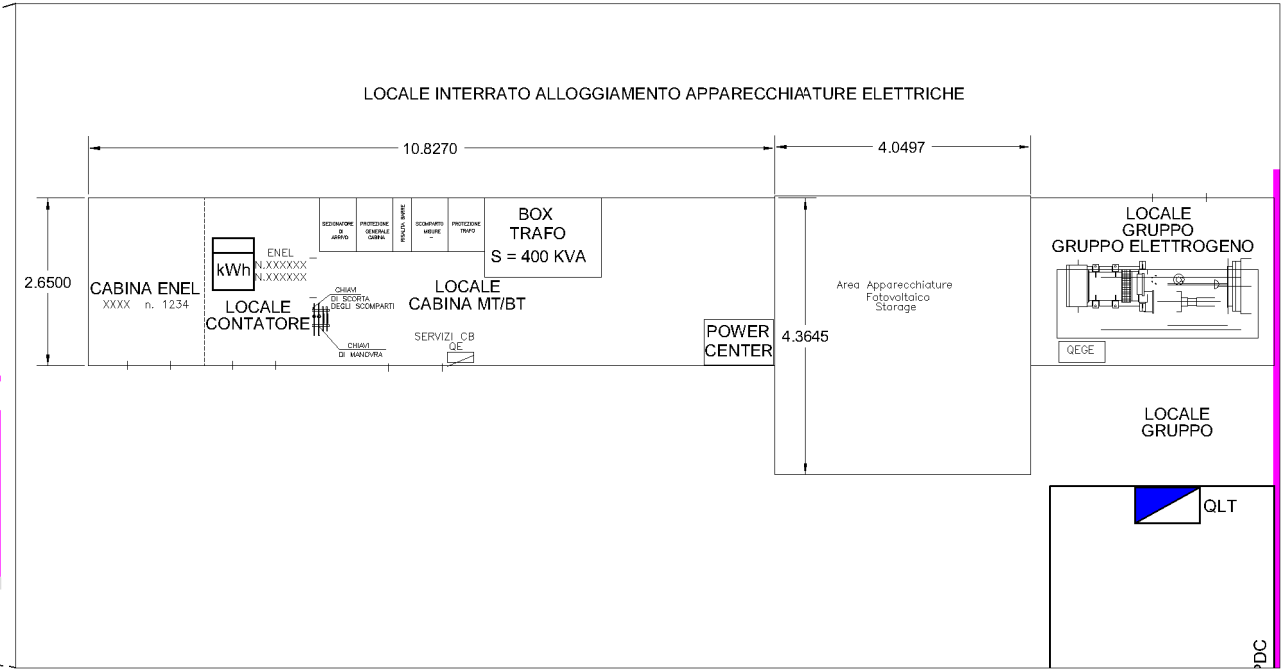
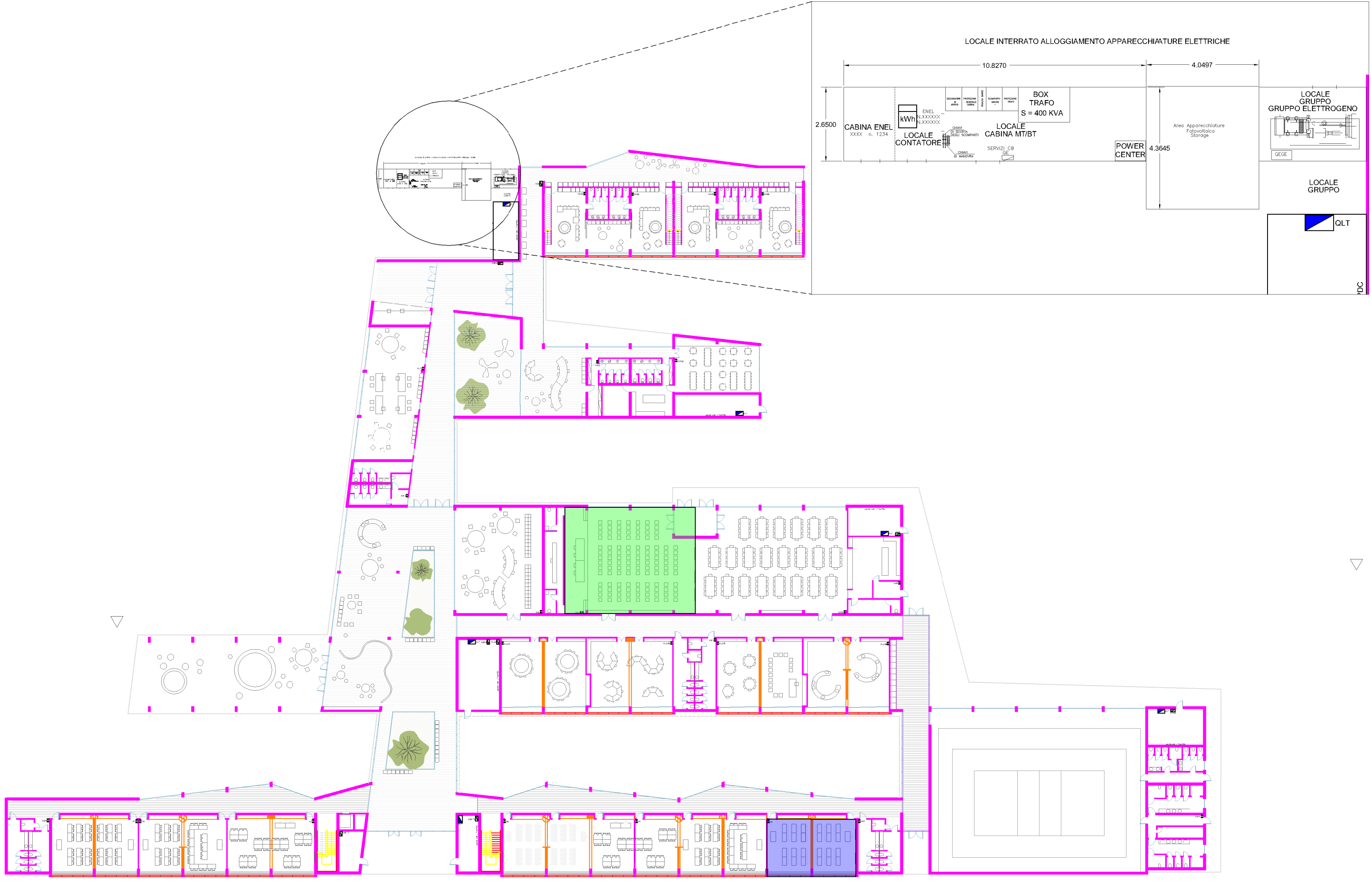
[Download](#)

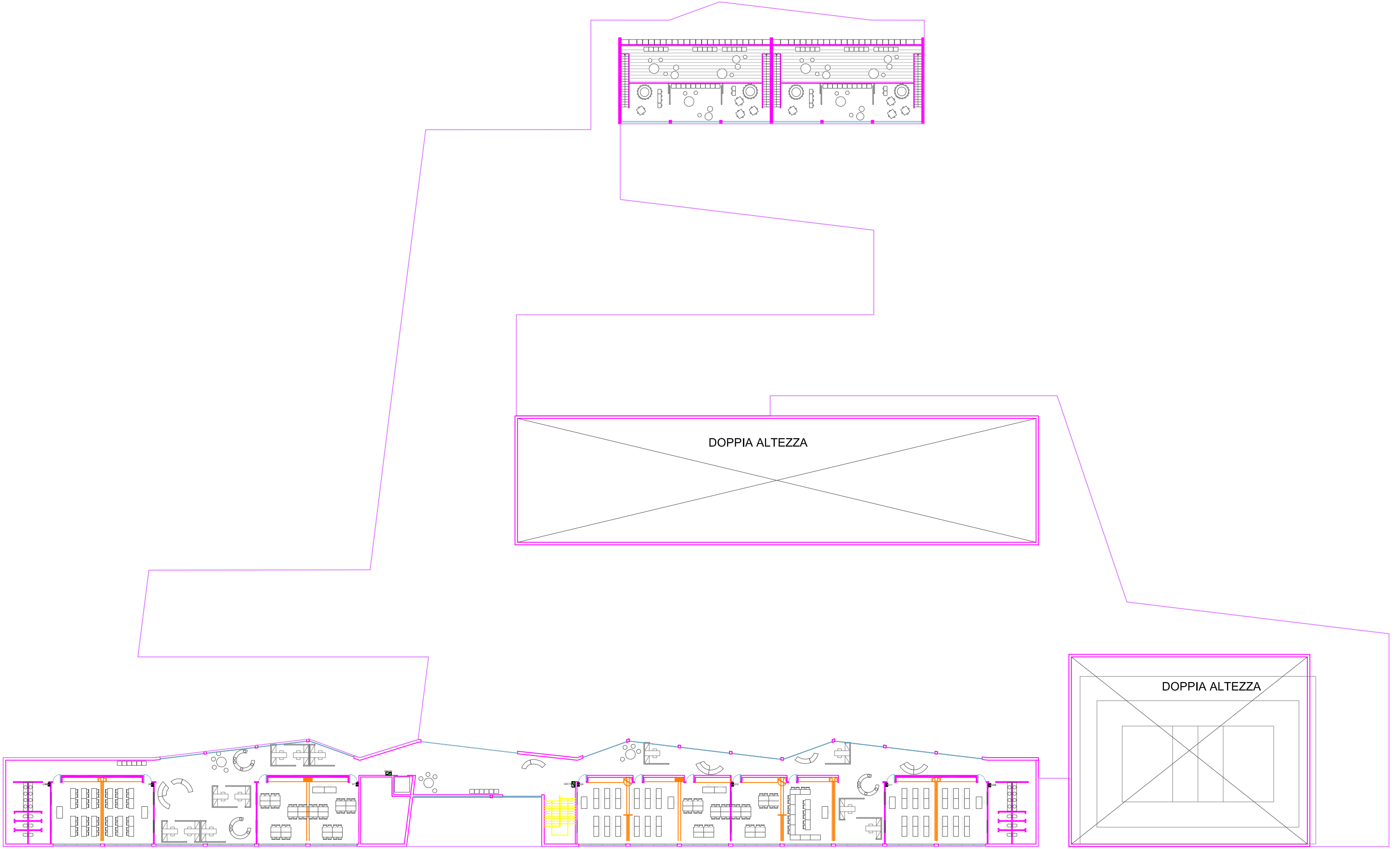
Percentuale di verifiche soddisfatte suddivise per categoria

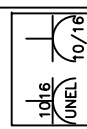
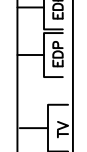


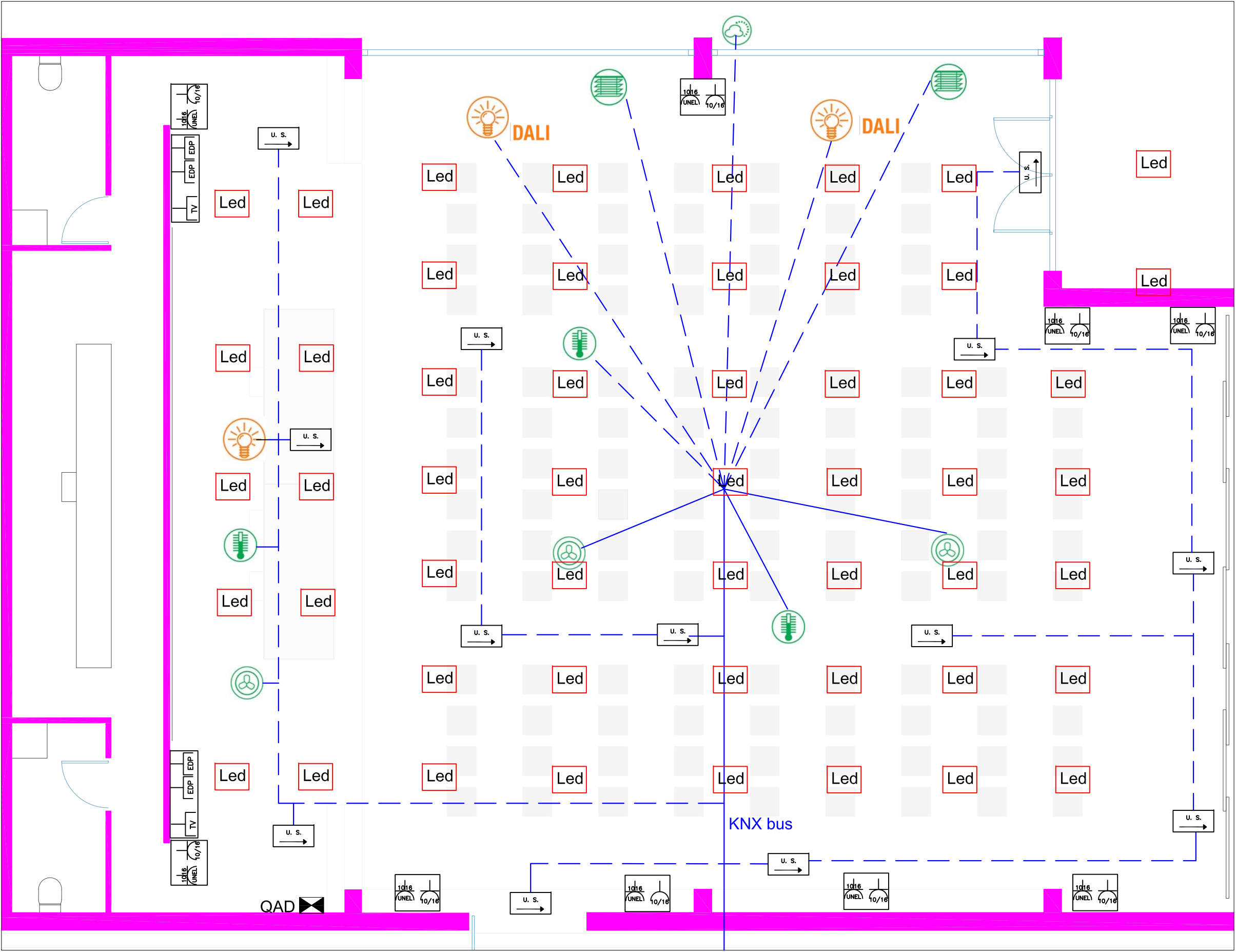
Schema a blocchi Impianto Elettrico





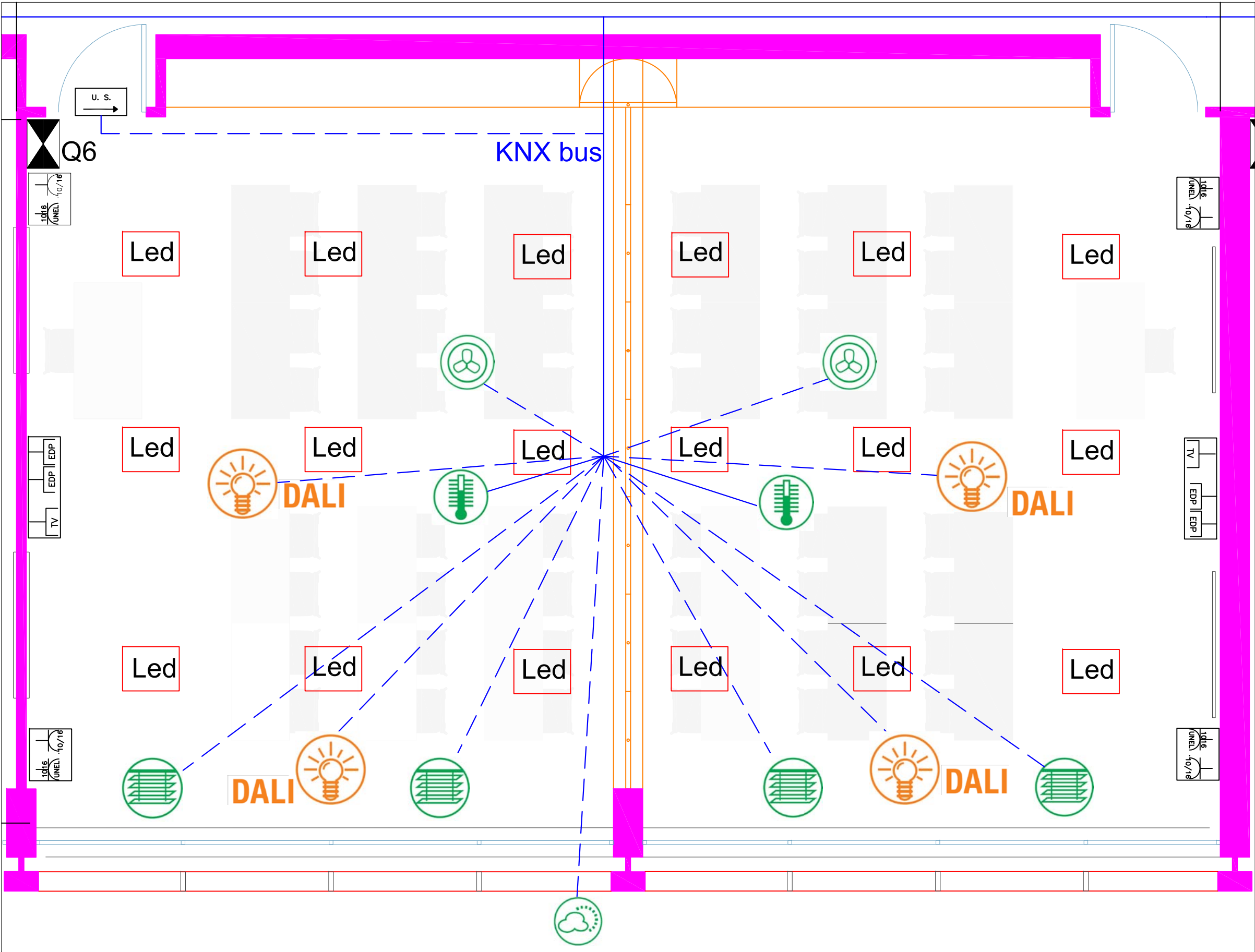


DOTAZIONI TECNICHE LOCALE AUDITORIUM	
	Controllo illuminazione/presenza digitale con protocollo DALI
	Gestione riscaldamento raffrescamento/qualità dell'aria
	controllo motori veneziane e lamelle di ventilazione
	Monitoraggio condizioni meteo
	Ventilazione
	Presa 2 poli + terra 10-16 A UNEL e Bipasso
	Presa EDP e TV
	Corpo luce a LED autonomo in emergenza
	Corpo luce a LED con cablaggio DALI e ottica Dark Light
	



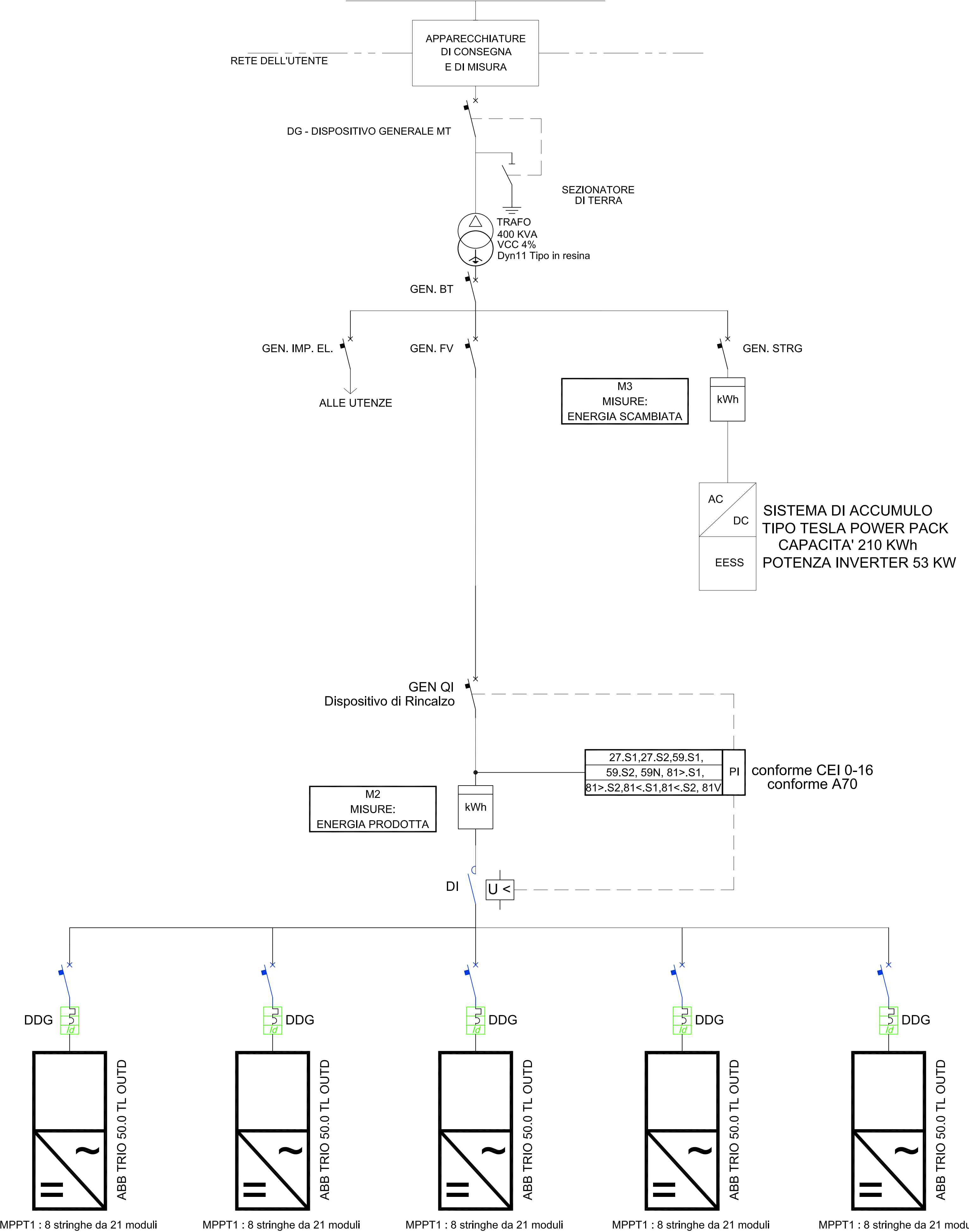
DOTAZIONI TECNICHE
LOCALE TIPO AULA SCOLASTICA

-  **DALI** Controllo illuminazione/presenza digitale con protocollo DALI
-  Gestione riscaldamento
raffrescamento/qualità dell'aria
-  controllo motori veneziane e
lamelle di ventilazione
-  Monitoraggio condizioni meteo
-  Ventilazione
-  Presa 2 poli + terra 10-16 A UNEL
e Bipasso
-  Presa EDP e TV
-  Corpo luce a LED
autonomo in emergenza
-  **Led** Corpo luce a LED con cablaggio DALI
e ottica Dark Light

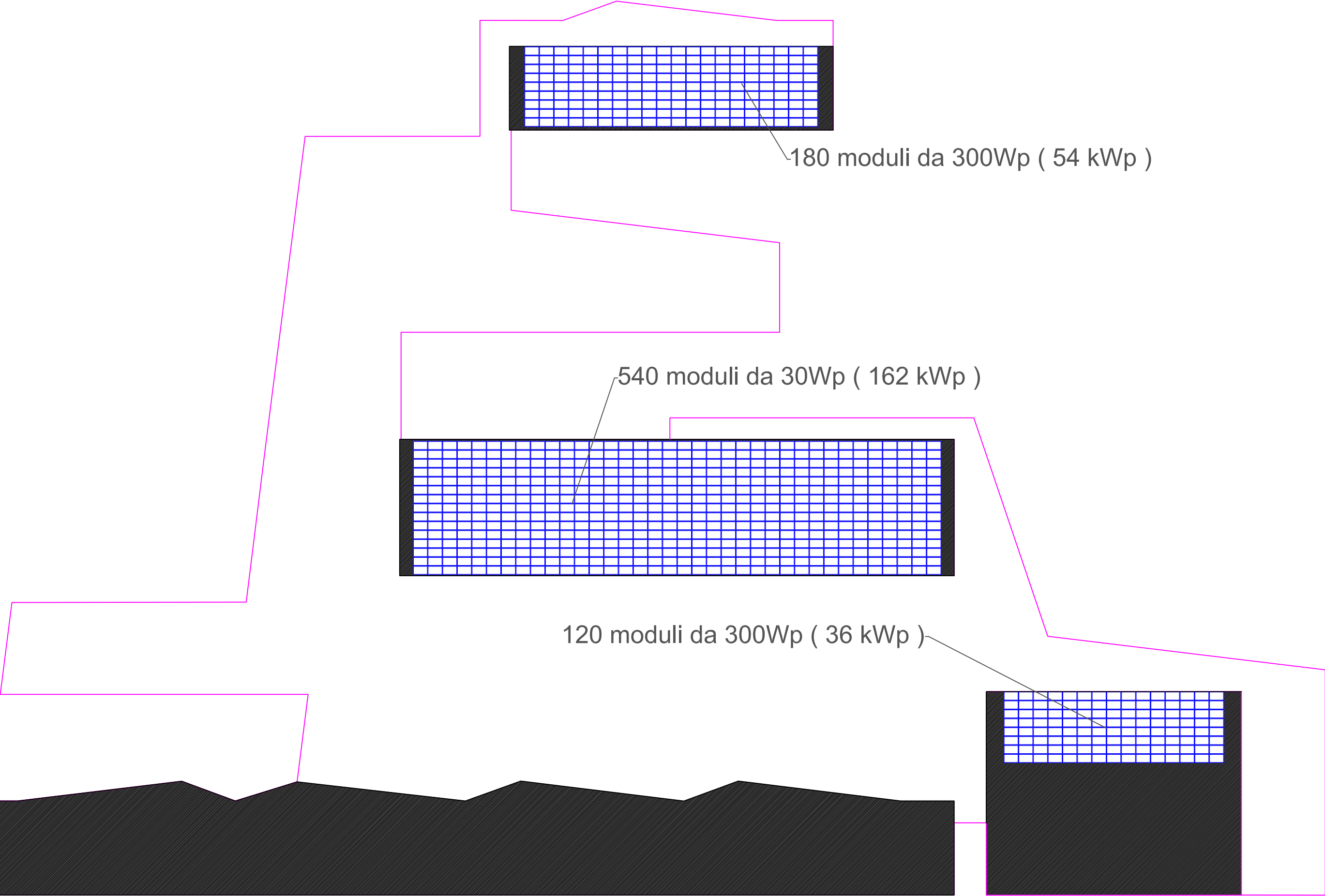


Schema elettrico unifilare
Impianto Fotovoltaico

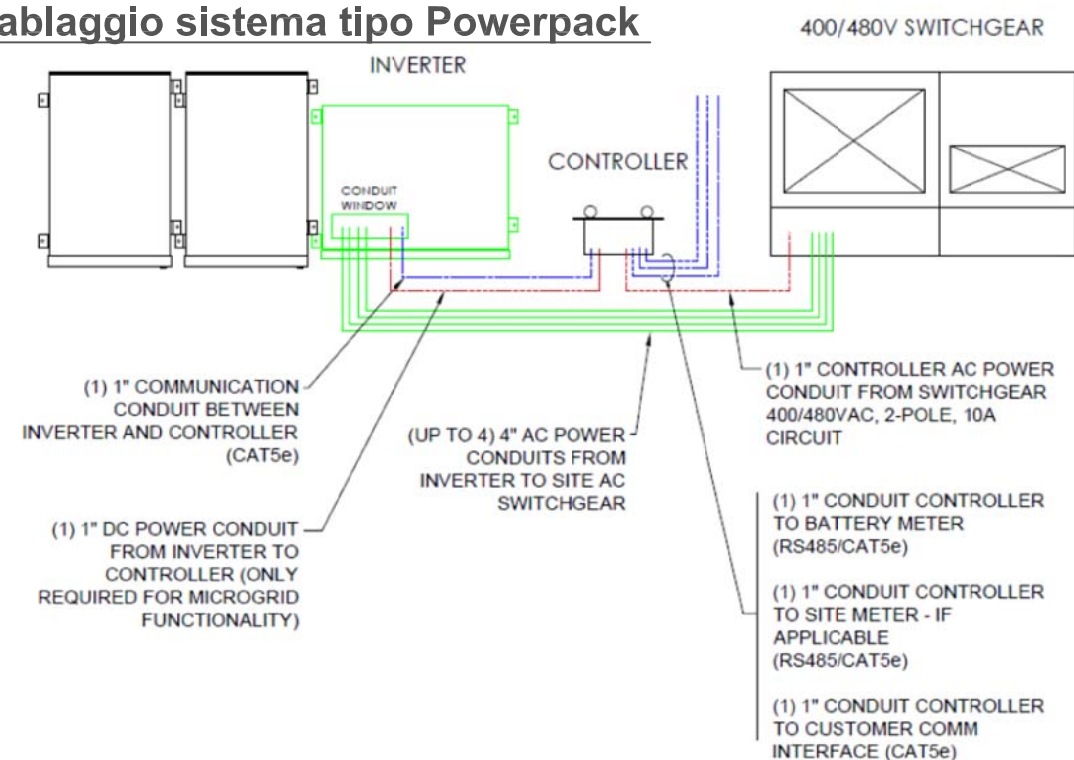
RETE MT DEL DISTRIBUTORE



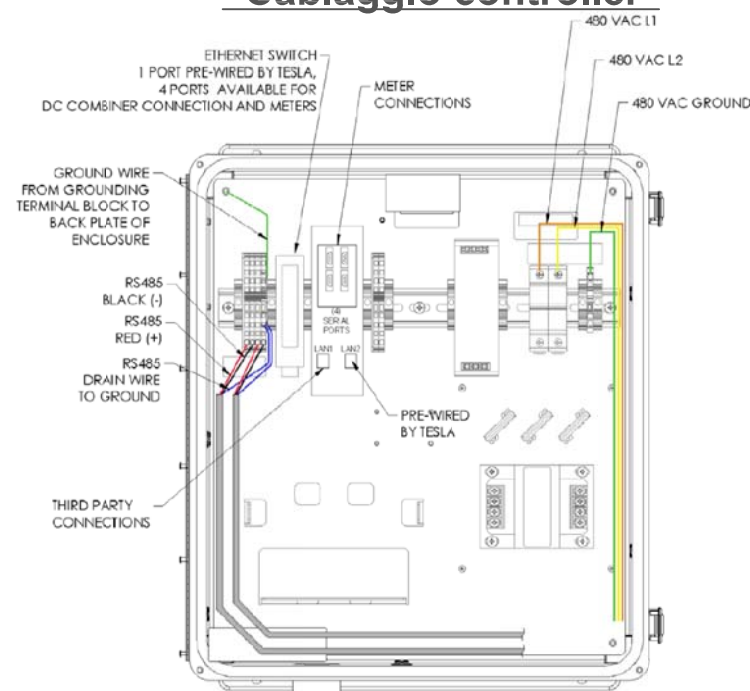
Inserimento Generatore Fotovoltaico



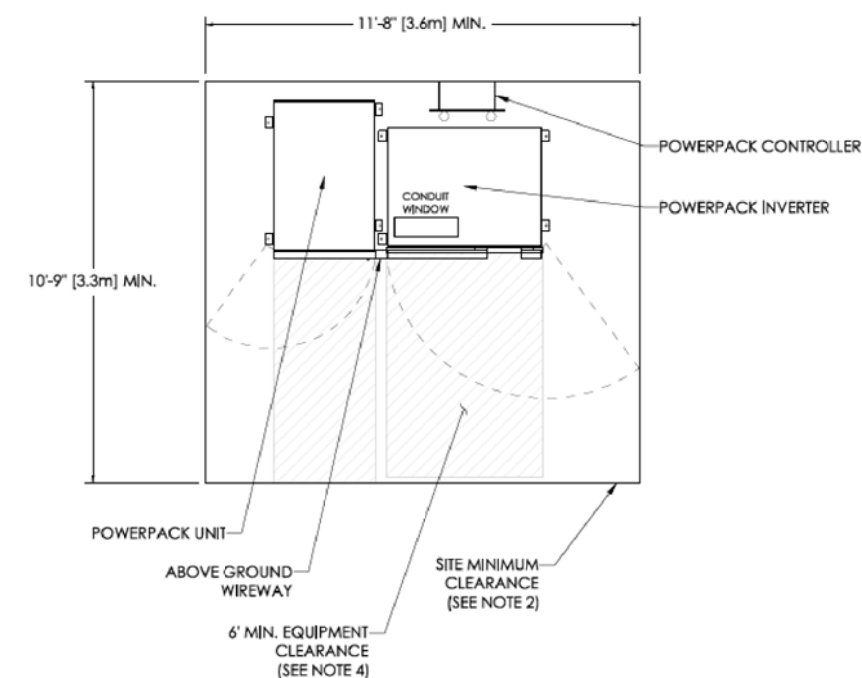
Cablaggio sistema tipo Powerpack



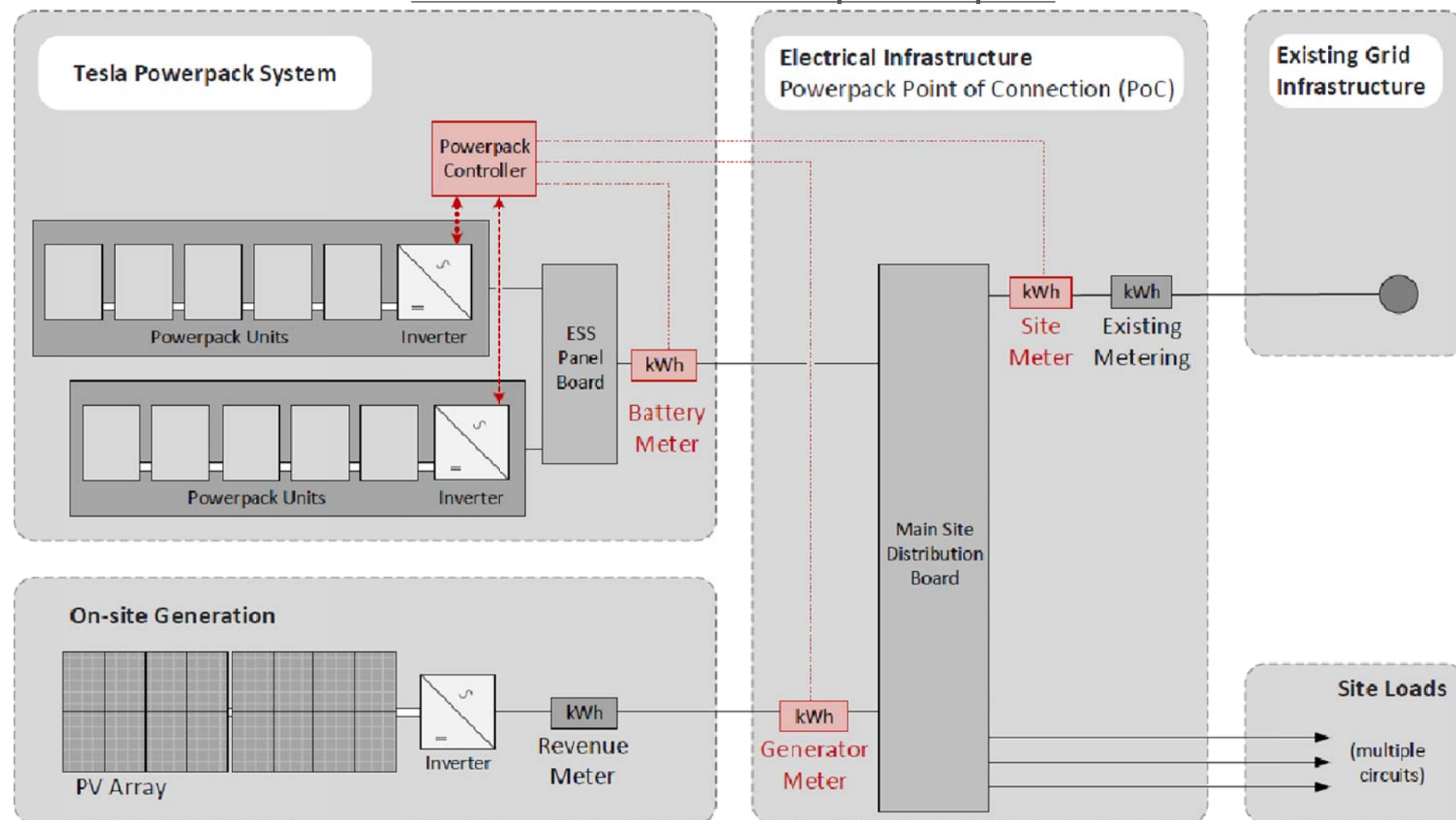
Cablaggio controller



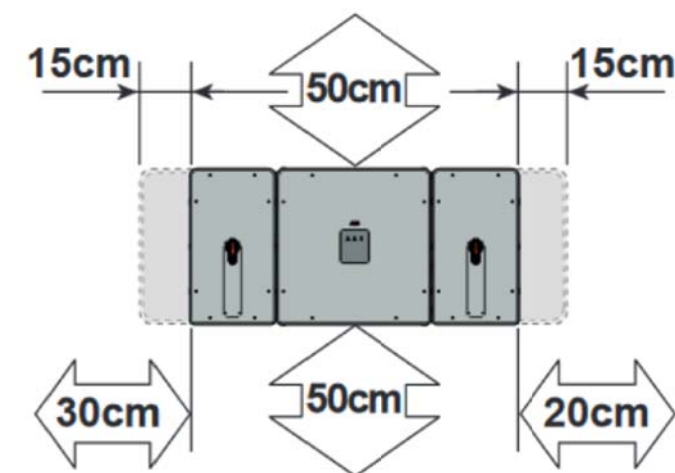
Installazione tipo Powerpack Block



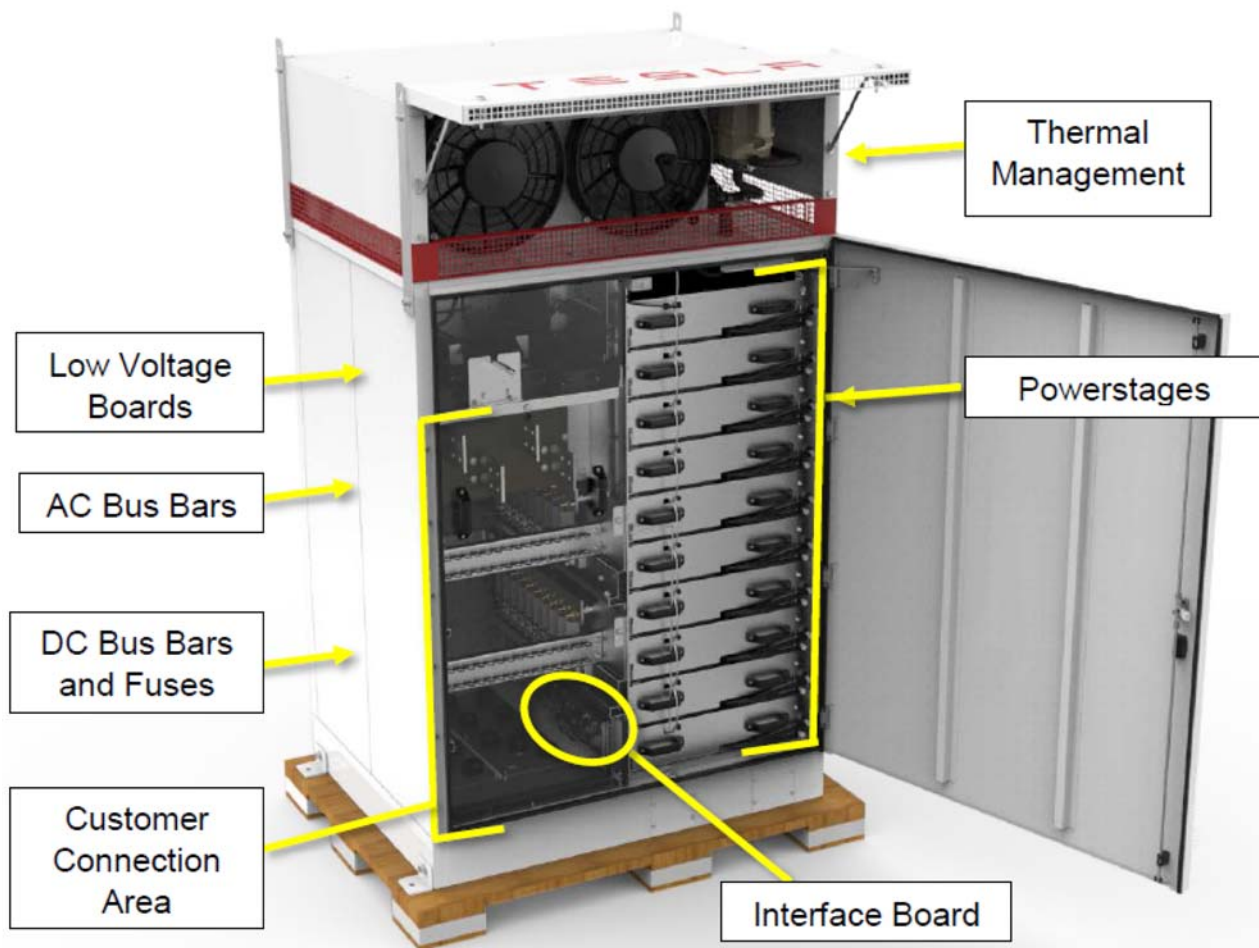
Schema a blocchi sistema tipo Powerpack



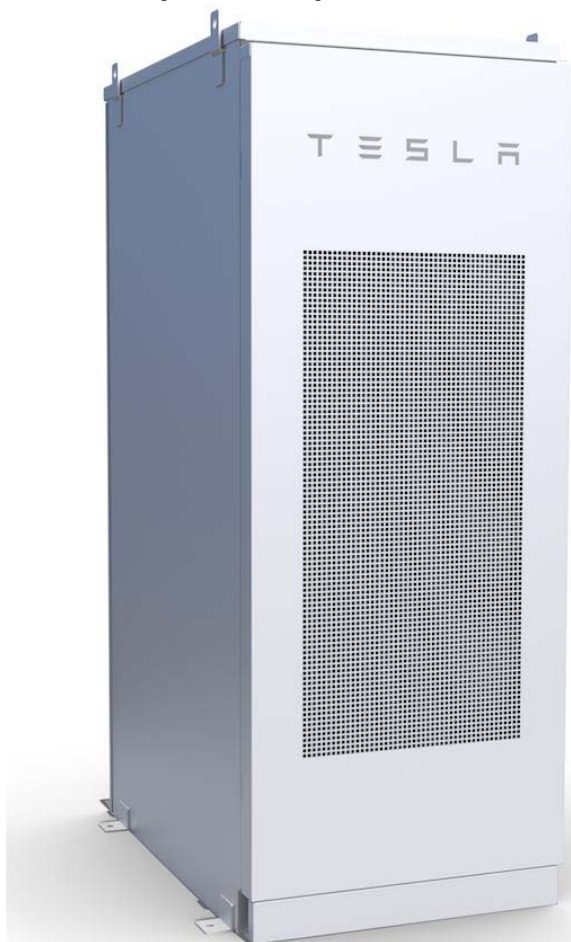
Installazione inverter tipo ABB TRIO 50.0 TL OUTD



Inverter tipo Powerpack

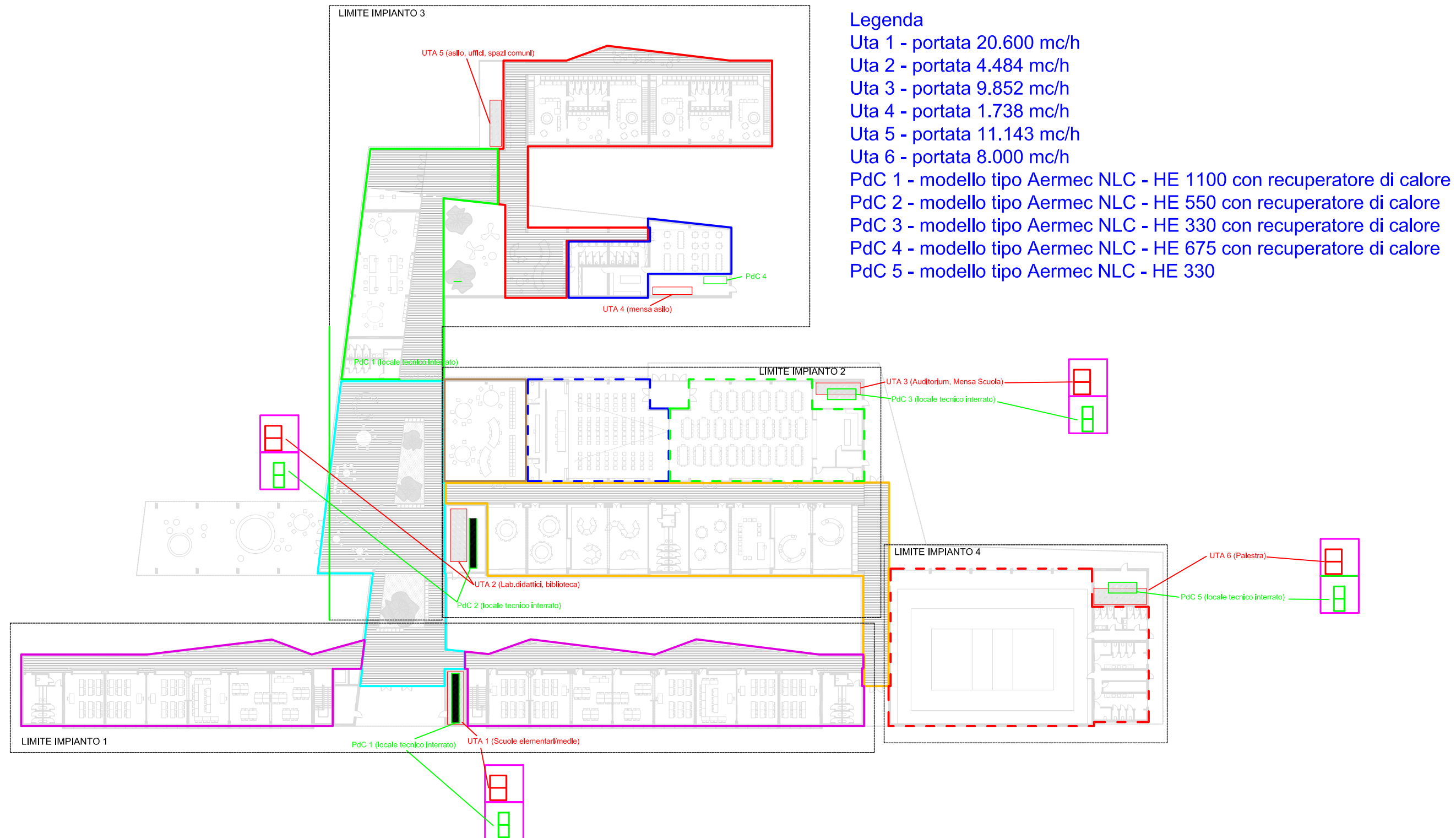


Tipo Powerpack unit



Controller tipo Powerpack





Legenda

Limite impianto 1 - zona termica scuola elementare e media: impianto radiante a pavimento da PDC 1 e trattamento aria da UTA 1;

Limite impianto 2 - zona termica Lab. didattici, biblioteca: impianto radiante a pavimento da PDC 2 e trattamento aria da UTA 2;

Limite impianto 2 - zona termica mensa scolastica e Auditorium: impianto trattamento aria da UTA 3 e PDC3;

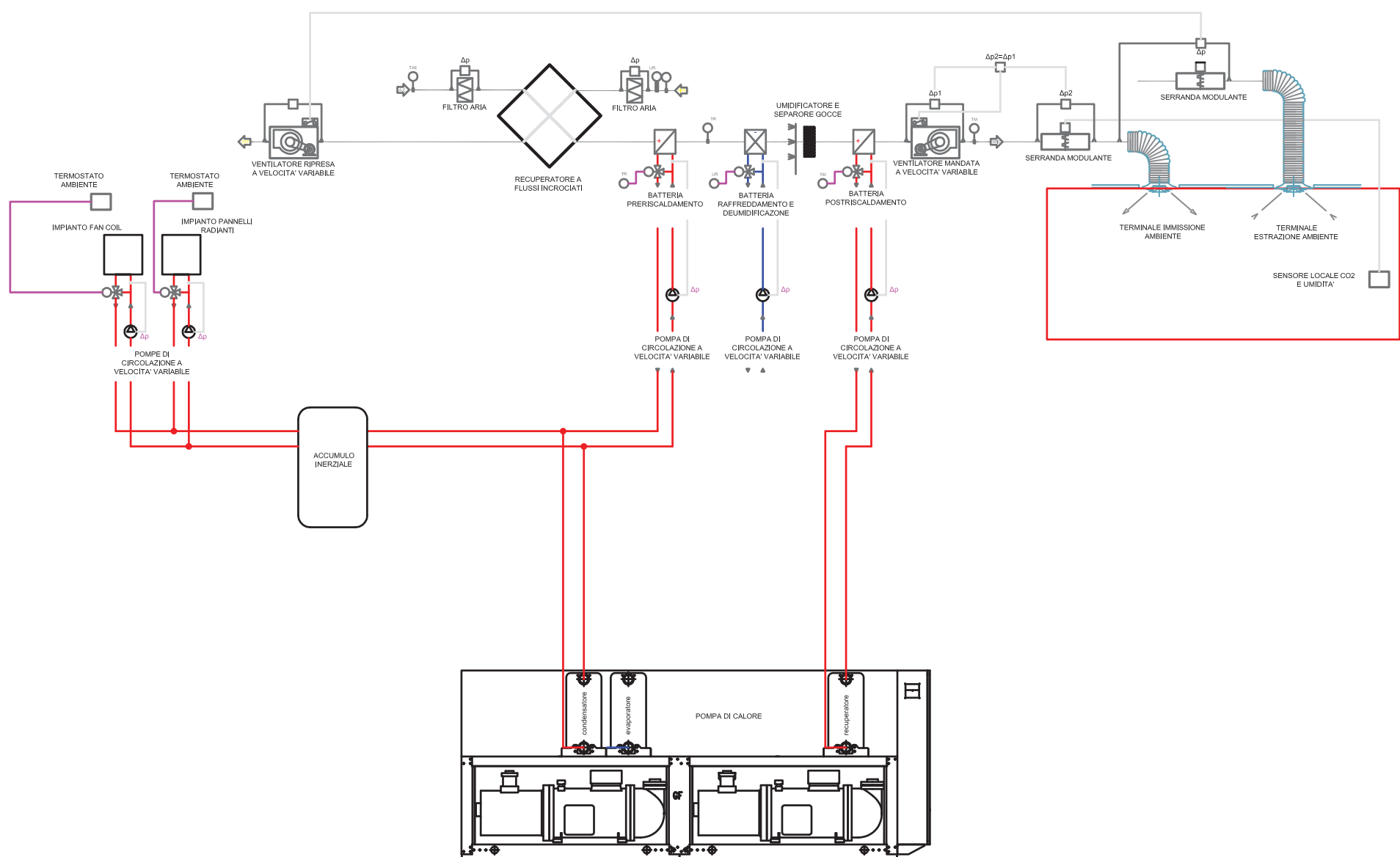
Limite impianto 3 - zona termica mensa e cucina asilo: trattamento aria da UTA 4 e PDC 4;

Limite impianto 3 - zona termica asilo e uffici: impianto radiante a pavimento da PDC 4 e trattamento aria da UTA 5;

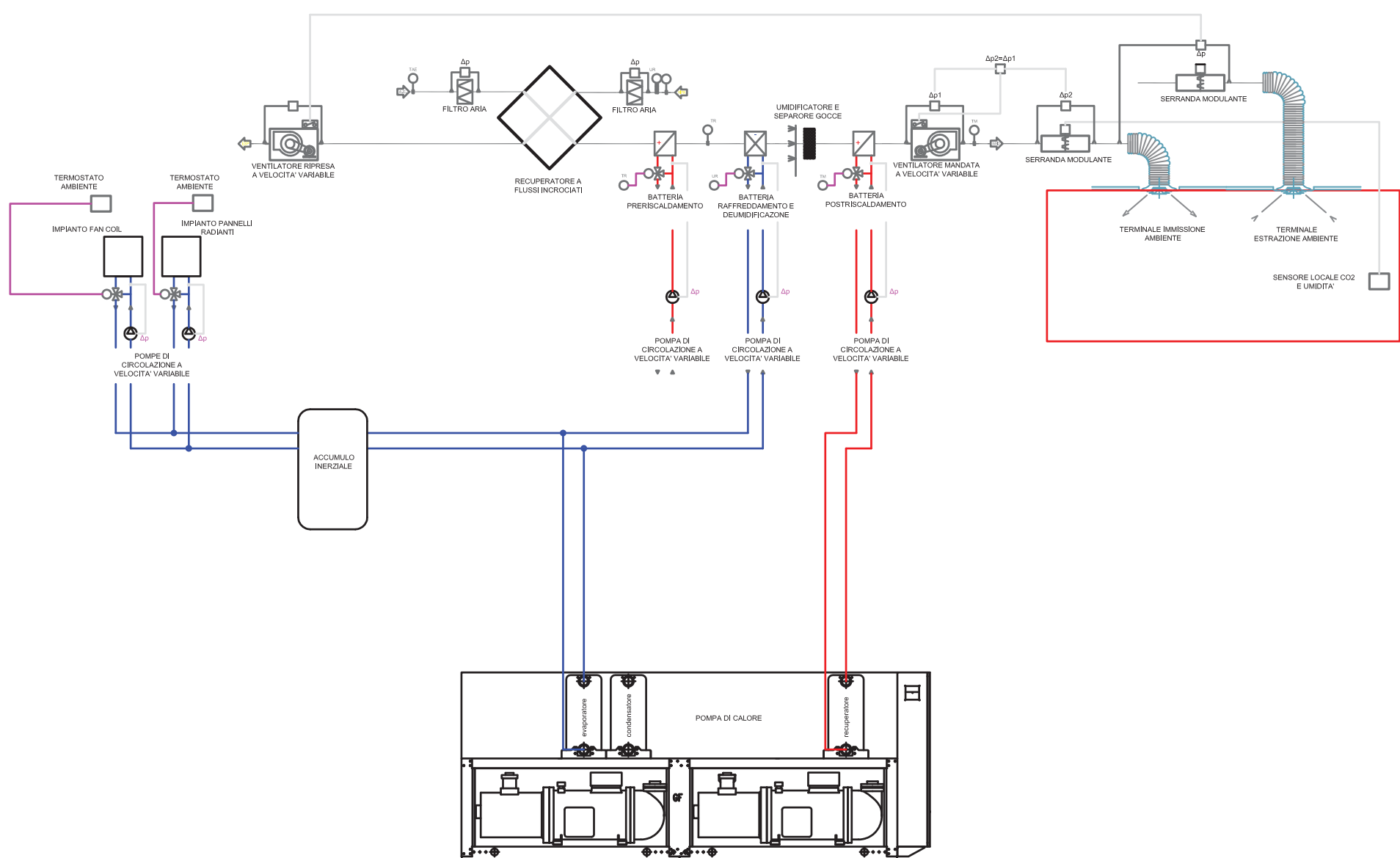
Limite impianto 3 - zona termica spazi comuni: impianto a fan coil da PDC 4 e trattamento aria da UTA 5;

Limite impianto 4 - zona termica palestra: impianto trattamento aria da UTA 6 e PDC5;

In ogni ambiente sarà presente un sistema VAV per la regolazione della portata di aria nel locale. Una sonda di CO2 e umidità regola la portata di aria in ingresso agendo sulle serrande dell'unità



Schema funzionale centrale di trattamento con generatore di acqua calda e refrigerata, sistemi di distribuzione e di regolazione - funzionamento invernale



Schema funzionale centrale di trattamento con generatore di acqua calda e refrigerata, sistemi di distribuzione e di regolazione - funzionamento estivo