

An architectural rendering of a modern school building. The building features a prominent glass facade with a blue frame. A large, multi-level courtyard is visible, with several people sitting on a wide staircase. In the foreground, a person in a green hoodie is walking away from the viewer. The sky is a clear, bright blue. The overall style is clean and modern, emphasizing open spaces and natural light.

# Fuoriorario

UNA SCUOLA OLTRE LA SCUOLA

Relazione tecnica impianti

# Fuoriorario

UNA SCUOLA OLTRE LA SCUOLA

## Relazione tecnica impianti

### Indice

<b>0</b>	<b>Norme di riferimento</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>6</b>
1.1	Destinazioni d'uso e polifunzionalità	
1.2	Conformazione strutture	
1.3	Fonti rinnovabili e recuperi energetici	
1.4	Soluzioni tecnologiche innovative	
1.5	Comfort acustico	
1.6	Durabilità e manutenzione impianti	
<b>2</b>	<b>Descrizione impianti termoidraulici</b>	<b>17</b>
2.1	Premessa ed inquadramento generale	
2.2	Edifici passivi e studio ombreggiamenti	
2.3	Proposta impiantistica: HVAC 20	
2.4	Proposta impiantistica: impianti idrici	
2.5	Stima economica dell'intervento	
<b>3</b>	<b>Descrizione impianti elettrici</b>	<b>35</b>
3.1	Classificazione dei luoghi e degli impianti	
3.2	Distribuzione principale	
3.3	Impianti luce e FM	
3.4	Apparecchi di illuminazione	
3.5	Impianto trasmissione dati/telefonia	
3.6	Impianti di chiamata	
3.7	Sezionamento di emergenza degli impianti	
3.8	Sistemi di sicurezza antincendio	
3.9	Impianto fotovoltaico e eolico	
3.10	Sistema BMS	
3.11	Stima economica dell'intervento	
<b>A</b>	<b>Posizionamento locali tecnici</b>	<b>49</b>

# 0. Norme di riferimento

Nella progettazione si terrà conto delle normative e disposizioni di legge vigenti in materia di impiantistica elettrica quali:

- Legge 01/03/1968 n.186: “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici”;

- Legge 08/10/1977 n.791: “Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità Europee (n.73/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;

- DM 10/04/1984: “Eliminazione dei radiodisturbi”;

- Legge 09/01/1989 n.13: “Disposizioni per favorire il superamento e l’eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati”;

- DM 14/06/1989 n.236: “Prescrizioni tecniche per il superamento e l’eliminazione delle barriere architettoniche ;

- D.Lgs 19/09/1994 n.626: “Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;

- Direttiva 93/68/CEE, recepita con D.Lgs 626/94 e D.Lgs 277/97: Direttiva Bassa Tensione”.

- D.Lgs 19/03/1996 n.242: “Modificazioni ed integrazioni al decreto legislativo 19/09/1994 n.626 recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro”;

- DPR 24/07/1996 n.503: “Regolamento recante norme per l’eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici;

- D.Lgs 14/08/1996 n.493: “Segnaletica di sicurezza e/o salute sul luogo di lavoro”;

- D.Lgs 12/11/1996 n.615: “Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 03/05/1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28/04/1992. Dalla direttiva 93/68/CEE del Consiglio del 22/07/1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29/10/1993”;

- D.Lgs 25/11/1996 n.626: “Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione”;

- D.Lgs 31/07/1997 n.277: “Modificazione al decreto legislativo 25/11/1996 n.626, recante attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione”.

- D.P.R 22/10/2001 n.462 Regolamento di semplificazione del procedimento per le denunce di installazione e

dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra e di impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione;

- D.Lgs 12/06/2003 n.233: “Attuazione della direttiva 1999/92 relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive”

- Lettera-Circolare 22.5.97 :”Impianti elettrici. Legge n. 46/90 – Dichiarazione di conformità e collaudi”.

- D.Lgs 23/06/2003 n.195: “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n.626, per l’individuazione delle capacità e dei requisiti professionali richiesti per gli addetti e i responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori, a norma dell’articolo 21 della legge 1° marzo 2002, n.39”

- DPCM 08/07/03: “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”

- DM N°37 del 22/01/2008 – Attuazione art.11-quaterdecies, comma 13 lettera a) Legge 248 2/10/2005 relativo al riordino delle disposizioni in materia di attività d’installazione per impianti elettrici all’interno di edifici

- DLGS 81/08 del 9/04/2008 – Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 Agosto 2007 n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;

- L.R.E.R. n.156/2008 e successiva delibera n.1366/2011 in materia di efficientamento energetico e dotazioni tecnologiche da fonti rinnovabili per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazioni rilevanti;

- Dlgs n.28 del 03/03/2011 - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

- DM 29-05-08 - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti;

Le principali Norme CEI, ed UNI riguardanti gli impianti elettrici in argomento che sono rispettate vengono di seguito riportate:

- Norme del Comitato CEI 3: “Documentazione e segni grafici”;

- Norma CEI 0-16 2014-09 e successiva V1 : regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica

- Norme CEI 99-2: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni

- Norme CEI 99-3: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.

- Norme CEI 11-17: Impianti di Produzione, trasporto e distribuzione dell’energia elettrica. Linee in cavo

- Norme CEI 11-20: Impianti di produzione energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria

- Norme CEI 99-4: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- Norme CEI 17-6: Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1 a 52KV;
- Norme CEI 17-113: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali
- Norme CEI 17-114: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di potenza
- Norme CEI 17-43: "Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS)";
- Norme CEI 23-51: "Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare";
- Norme CEI EN 60079-14 31-33: Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di GAS; Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere)
- Norme CEI 31-35: Guida all'applicazione della norma CEI EN 60079-10 Classificazione dei luoghi pericolosi;
- Norme CEI 31-35/A: "Guida all'applicazione della norma CEI EN 60079-10 Classificazione dei luoghi pericolosi" Esempi applicativi
- Norme CEI EN 60204-1 44-5 : Equipaggiamento elettrico delle macchine (terza edizione)
- Norme CEI 31-35: Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di GAS - Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi;
- Norme CEI 64-8/1/2/3/4/5/6/7: "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua";
- Norme CEI 64-14: "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori";
- Norme CEI 70-1: "Gradi di protezione degli involucri (Codici IP)";
- Norme CEI 79-2: "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione – Norme particolari per le apparecchiature";
- Norme CEI 79-3: "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione – Norme particolari per gli impianti antieffrazione e antiaggressione";
- Norme CEI R079-001: "Guida per conseguire la conformità alle direttive CE per i sistemi di allarme";
- Norme CEI 103-1/1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15/16: "Impianti telefonici interni";
- Norme CEI-UNEL 35024 alfabetico – Elenco dei comuni";
- Norme CEI EN 62305-1: "Protezione contro i fulmini" Parte 1: Principi generali;
- Norme CEI EN 62305-2: "Protezione contro i fulmini" Parte 2: Valutazione del rischio;
- Norme CEI EN 62305-3: "Protezione contro i fulmini" Parte 3: Danno materiali alle strutture e pericolo per le persone;
- Norme CEI EN 62305-4: "Protezione contro i fulmini" Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture;
- Norme CEI CT 100: "Impianti di distribuzione per segnali televisivi, sonori e multimediali ";
- Norme CEI 100-7: "Guida per l'applicazione delle norme riguardanti gli impianti d'antenna Norme CEI relative ai materiali e componenti;
- Norme CEI EN 60849 (100-55): "Sound systems for emergency purposes";
- Norme UNI ISO 7240-19 – "Sistemi fissi di rivelazione e segnalazione allarme d'incendio – Progettazione, installazione, messa in servizio, manutenzione ed esercizio dei sistemi di allarme vocale per scopi di emergenza"
- Norme UNI EN 54-1/2/3/4/5/6/7/8/9 "Sistemi di rivelazione e segnalazione d'incendio";
- Norme CEI-UNEL 35024;
- Norme UNI EN 40-5 " Specifiche per pali per illuminazione pubblica di acciaio"
- Norme UNI 12464-1 "Illuminazione negli ambienti di lavoro";
- Norme UNI 11248: "Illuminazione stradale: Selezione delle categorie illuminotecniche";
- Norme UNI 13201-2: "Illuminazione stradale: Requisiti Prestazionali";
- Norme UNI 13201-3: "Illuminazione stradale: Calcolo delle prestazioni";
- Norme UNI 13201-4: "Illuminazione stradale: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche";
- Norme UNI 12464-2 "Illuminazione dei posti di lavoro-Parte2: Posti di lavoro in esterno
- Disposizioni ENEL, TELECOM, VV.FF;
- Norme e raccomandazioni dell'Ispettorato del lavoro e dell'USL (Presidio Multizonale di Prevenzione P.M.P.);
- Prescrizioni delle Autorità Comunali e/o Regionali;
- Prescrizioni UTIF e Norme riguardanti l'energia elettrica.

## **IMPIANTI TERMOMECCANICI**

- Decreto Ministeriale n. 329 del 01/12/2004 "Regolamento recante norme per la messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature a pressione e degli insiemi di cui all'articolo 19 del decreto legislativo 25 febbraio 2000, n. 93"
- Circolare n. 2117 del 2 marzo 2005 - Normativa tecnica di riferimento per le attrezzature a pressione e per gli insiemi

di cui alla direttiva 97/23/CEE e degli apparecchi semplici a pressione di cui alle direttive 87/404/CEE e 90/488/CEE. (Direttiva PED).

- D.M. 37/2008 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici

Leggi relative all'efficienza energetica

- Legge n. 10 del 09.01.1991 Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia d'uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili d'energia

- D.P.R. n. 412 del 26/08/1993 – 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 all'art. 4, comma 4, della legge 09/01/1991, n. 10

- D.P.R. n. 551 del 21/12/1999 – Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26/08/1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia

- D.Lgs. n. 192 del 19/08/2005 – Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativo al rendimento energetico in edilizia

- D.Lgs. n. 311 del 29/12/2006 – Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n° 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia

- D.Lgs. n. 28 del 03/03/2011 – Attuazione della direttiva 2002/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

- D.Lgs. 4 luglio 2014, n. 102 - Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica

- D.M. 26/06/2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

## **ACUSTICA E INQUINAMENTO AMBIENTALE**

- L. n. 447 del 26/10/1995 – Legge quadro sull'inquinamento acustico

- D.P.C.M. 05/12/1997 – Requisiti acustici passivi degli edifici

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale

- D.Lgs. 4 marzo 2014, n. 46 - Attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento)

## **PREVENZIONE INCENDI**

- D.M. 15/09/2005 – Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi

- D.M. 10/03/1998 – Criteri generali di sicurezza antincendio

e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro

- D.M. 31/03/2003 – Requisiti di reazione al fuoco dei materiali costituenti le condotte di distribuzione e ripresa dell'aria degli impianti di condizionamento e ventilazione

- Lettera circolare prot.n. P 834/4122 sott. 46, 8 luglio 2003 – D.M. 18 settembre 2002, punto 5.4.2 comma 2 dell'allegato – Installazione dei gruppi frigoriferi.

- D.M. 26 agosto 1992 “Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica”.

Norme ISO ed UNI in genere ed in particolare le seguenti

- UNI 9182 – Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda Criteri di progettazione, collaudo e gestione

- UNI EN 806 – Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano

- UNI EN 12056 – Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici Parti 1 e 5

- UNI EN 12237 – Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica

- UNI EN 12097 – Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte

- UNI 10339 - Impianti aerulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti

- EN 13779 – Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento

- UNI EN 12845 Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione

- UNI 11292 Locali destinati ad ospitare gruppi di pompaggio per impianti antincendio. Caratteristiche costruttive e funzionali

- UNI 10779 Impianti di estinzione incendi - Reti di idranti - Progettazione, installazione ed esercizio

- UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici

- Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

- Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

- Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva

- Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

# 1. Introduzione

L'idea di apertura alla città e di polifunzionalità della struttura risulta un elemento cardine per la progettazione impiantistica.

L'obiettivo del progetto è la massimizzazione delle soluzioni dal punto di vista estetico e funzionale in modo che possano essere utilizzate dalla città in ogni momento dell'anno. In questo modo l'attività scolastica non è il solo uso dell'edificio, che diventa un polo tecnologicamente avanzato per il quartiere.

Il progetto, in classe energetica A4, ha la migliore performance ambientale e diventa un esempio virtuoso per la città. Per insegnare ai ragazzi e ai cittadini l'importanza dell'ambiente, vengono inseriti nel progetto diversi tipi di produzione di energia rinnovabile e controlli domotici che permettono di tenere sotto controllo ogni aspetto della performance dell'edificio.

In ogni momento dell'anno gli impianti aiutano a mantenere il migliore livello di comfort e di efficienza energetica tutto l'anno, non solo nei mesi di attività scolastica. In questo modo la scuola si apre completamente al quartiere.

Per esempio la palestra certificata CONI può funzionare con il massimo comfort in ogni momento per corsi e competizioni sportive, oppure le aule di formazione sono studiate in maniera tale da avere la massima flessibilità nella gestione del layout e possono essere utilizzate fuori dall'orario scolastico. Presentano tutti gli strumenti tecnologici per una didattica innovativa e digitale ma anche per corsi di formazione, workshop in collaborazione con l'Università e le realtà locali, laboratori, esami e conferenze.

Anche gli spazi aperti si aprono al quartiere. Gli spazi verdi e l'orto didattico vengono irrigati riutilizzando le acque meteoriche e contribuiscono a ombreggiare l'edificio e gli spazi aperti, creando nuovi spazi verdi per gli abitanti del quartiere.

## 1.2 Conformazione strutture

L'idea è di massimizzare al meglio il connubio edificio – impianto, in maniera tale da massimizzarne, con l'ausilio di soluzioni passive, le prestazioni energetiche e di comfort dell'edificio.

A tal proposito le soluzioni previste tengono cura di:

- Massimizzare l'irraggiamento in maniera tale da andare a garantire una disposizione del layout che possa in qualche maniera recuperare l'irraggiamento in regime invernale e schermarlo in quello estivo.

- Studiare le schermature e gli ombreggiamenti con software di simulazione andando a creare uno shading ad hoc che massimizzi le prestazioni sopra, con particolare riferimento alle facciate continue.

- Scelta di stratigrafie che permettano di minimizzare le rientrate di calore estive e massimizzare l'isolamento invernale.

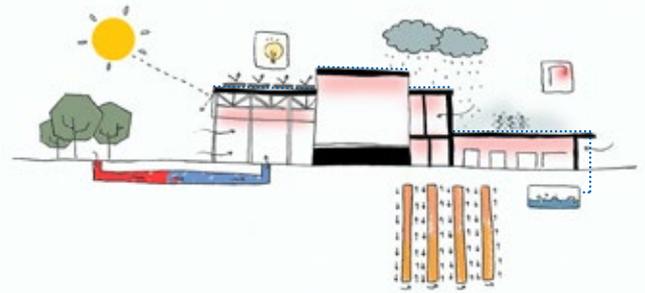
- Scelta di vetrate altamente performanti dal punto di vista della selettività e dell'emissività con possibilità di schermature integrate e motorizzate.

- Scelta di coperture tecniche o verdi che determinino la riduzione dell'apporto di irraggiamento / trasmissione in regime estivo. Studio delle coperture fotovoltaiche che permettano di ottimizzare i rendimenti degli impianti di captazione solare (angolazione e ventilazione).

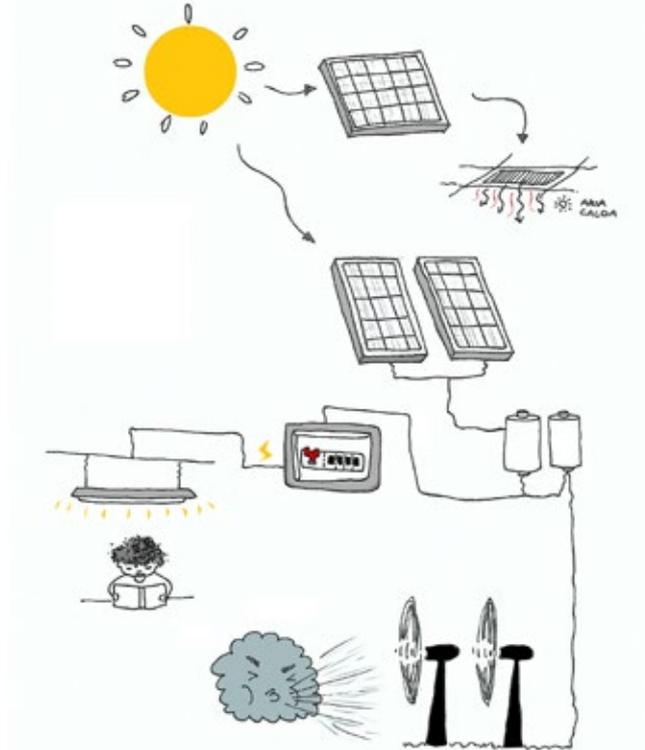
- Conformazione della struttura in maniera da limitare quanto possibile i ponti termici principali (finestre, perimetrale terreno, perimetrale copertura...). Evitare le discontinuità dell'isolamento termico.

- Trasformazione delle aree verdi (particolare riferimento ai connettivi) in "buffer zone" climatizzate naturalmente con possibilità di apertura motorizzata o schermatura in regime estivo. Questo migliora anche le prestazioni energetiche dell'edificio in regime invernale potendo confinare "non direttamente" con l'ambiente esterno.

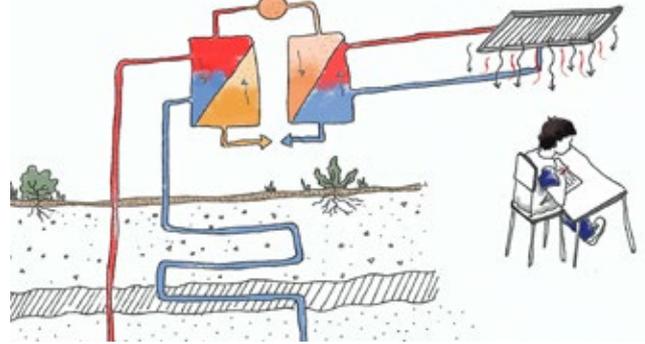
- Particolare attenzione ai requisiti ambientali minimi (D.M. 11 gennaio 2017) ed all'utilizzo di tecnologie e materiali in linea se non in miglioramento rispetto a quanto richiesto dall'attuale linea guida nazionale.



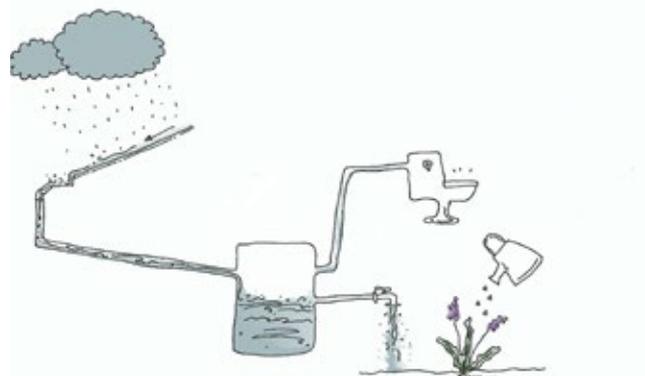
GLI IMPIANTI COME PARTE DELLA DIDATTICA



La scuola come macchine per trasformare il sole e il vento in energia elettrica



La scuola come macchine per riscaldare con il calore della terra



La scuola come macchine per conservare e riutilizzare la pioggia

## 1.2.1 Verifiche termiche involucro

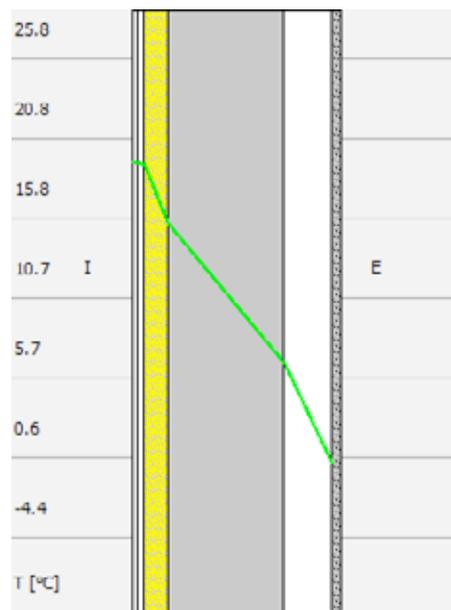
Tutte le strutture sono state verificate relativamente alle prestazioni termo-igrometriche in linea con edifici classe energetica A4 e certificati NZEB.

Particolare attenzione è stata posta nell'eliminazione dei ponti termici in virtù della verifica del valore di trasmittanza termica globale (H't).

Di seguito si riporta una valutazione delle principali strutture confinanti con l'esterno che hanno portato al raggiungimento della classe energetica A4:

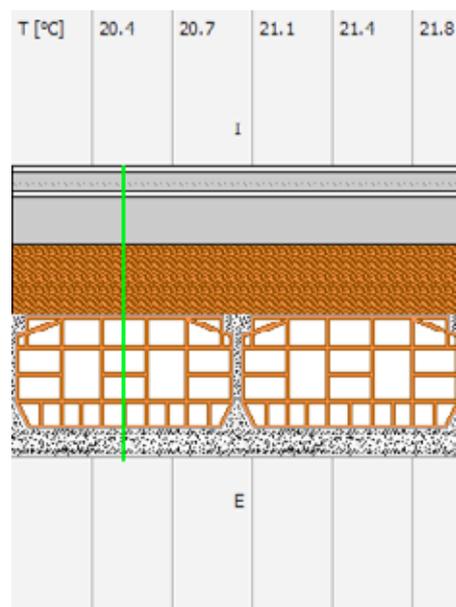
### PARETE ESTERNA

D1079 - Parete esterna 40 cm			
Spessore totale [cm]:		43,00	
TRASMITTANZA			
Tot. (**) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		0,14	
Tot. adottata (***) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		0,14	
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [cm]	λ [W/m°C]
10456g esso02	Lastra in gessofibra	1,25	0,300
10456g esso02	Lastra in gessofibra	1,25	0,300
140	Pannello rigido lana vetro 100	5,00	0,038
Blyng	Blocchi Yong	24,00	0,078
CAN 14044 prosp2c alsil02	Pannello termoacustico in fibra di canapa	10,00	0,038
11	Intonaco plastico per cappotto	1,50	0,300



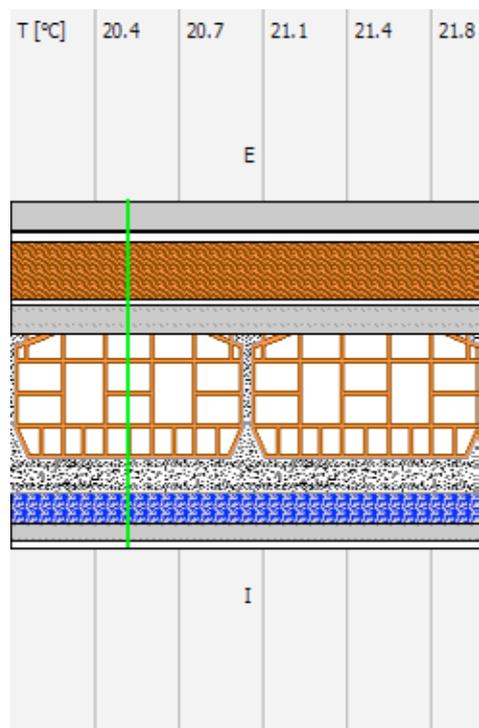
### PAVIMENTO PIANO TERRA

Stru22173 - Pavimento piano terra			
Spessore totale [cm]:		61,50	
TRASMITTANZA			
Tot. (**) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		0,17	
Tot. adottata (***) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		0,17	
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [cm]	λ [W/m°C]
313	Piastrelle	1,50	1,000
mclsall0 1	Massetto in calcestruzzo allegg.1600	4,00	1,080
10351pr osp2fibr eg02	Isolamento acustico in fibra di legno	1,00	0,039
1201g	Sottofondo in granulare FERMACELL	10,00	0,090
1704	Pannello Pavatherm in fibra di legno	15,00	0,038
3207	Blocco da solaio 2.1.05i/2 300	30,00	



PAVIMENTO PIANO TERRA

D1275 - Copertura piana			
Spessore totale [cm]:		60,30	
TRASMITTANZA			
Tot. (**) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		0,21	
Tot. adottata (***) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		0,21	
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [cm]	λ [W/m°C]
7	Intonaco di calce e gesso	1,50	0,700
mclsall0 1	Massetto in calcestruzzo allegg.1600	3,00	1,080
173	Polistirene esp. sint. termoc.	5,00	0,039
3207	Blocco da solaio 28 cm	28,00	0,732
mclsall0 1	Massetto in calcestruzzo allegg.1600	5,00	1,080
273	Pannelli con bitume	1,00	0,170
1704	Pannello Pavatherm in fibra di legno	10,00	0,038
mimpbit	Membrana impermeabilizzante bituminosa	0,40	0,170
mimpbit	Membrana impermeabilizzante bituminosa	0,40	0,170
206	Ghiaia grossa senza argilla	6,00	1,200



PARETI VETRATE

Parete vetrata							
CONDUTTANZA UNITARIA				RESISTENZA UNITARIA			
Superficiale interna [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:	4,13			Superficiale interna(*) [(m <sup>2</sup> ·K)/W]:	0,24		
Superficiale esterna [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:	25,00			Superficiale esterna(*) [(m <sup>2</sup> ·K)/W]:	0,04		
TRASMITTANZA				RESISTENZA TERMICA			
Tot. (**) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]:		1,23		Tot. [(m <sup>2</sup> ·K)/W]:		0,81	
TIPOLOGIA	Ag	Af	Lg	Ug	Uf	U <sub>I</sub>	U <sub>w</sub>
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[W/m <sup>2</sup> °C]	[W/m <sup>2</sup> °C]	[W/m°C]	[W/m <sup>2</sup> °C]
PARETE CONTINUA	6,80	1,18	11,40	1,00	2,00	0,06	1,23



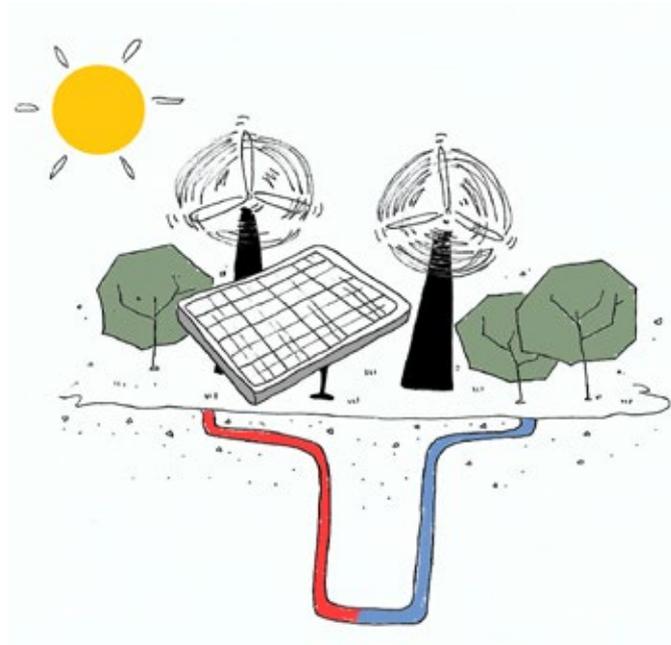
### 1.3 Fonti rinnovabili e recuperi energetici

Il progetto degli impianti è incentrato sulla massimizzazione della prestazione energetica degli edifici ed il relativo abbassamento dei consumi.

Non solo perché la normativa nazionale lo impone per gli edifici pubblici introducendo il concetto di edificio NZEB (D.M. 26/06/2015), ma anche per la ricerca progettuale nel garantire all'ente bassi costi di gestione per le utenze energetiche.

Per questa ragione le tecnologie ad oggi si spingono nella ricerca del "green" ed in particolare occorrerà prevedere l'integrazione da fonti rinnovabili per la produzione dell'energia. Le tecnologie che attualmente permettono di ottenere questo genere di prestazione risultano essere:

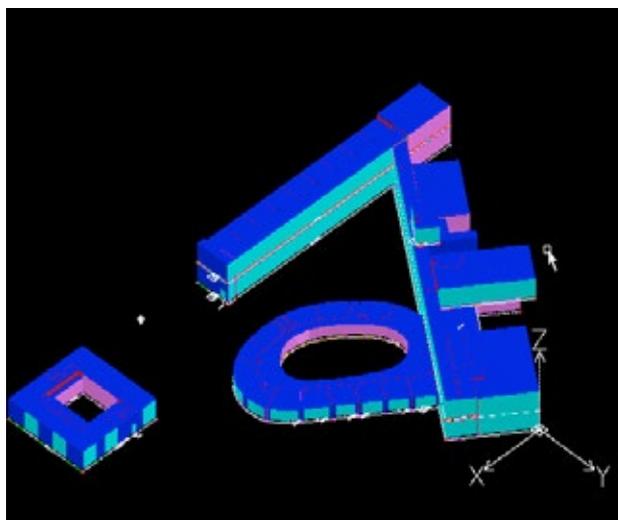
- Impianto fotovoltaico (produzione elettrica, termica ed ACS)
- Impianto geotermico (produzione termica)
- Impianto solare termico (Produzione ACS)
- Tecniche di recupero del calore per impianti HVAC
- Tecniche di gestione domotica ed automazione della struttura
- Sistemi di illuminazione a LED con apparecchi dimmerabili



#### 1.3.1 Prospetto energetico edificio



V – Volume riscaldato	34.435,70	m <sup>3</sup>
S – Superficie disperdente	15.733,70	m <sup>2</sup>
Rapporto S/V	0,46	
EP <sub>H,nd</sub>	12,57	kWh/m <sup>2</sup> anno
A <sub>sol,est</sub> /A <sub>sup utile</sub>	0,019	-
Y <sub>IE</sub>	0,04	W/ m <sup>2</sup> K



Software utilizzato: MC4 Suite Validazione CTI: n. 81 (03/07/2017)

### 1.3.2 Verifiche energetiche NZEB

Edificio ad Energia Quasi Zero - NZEB					
	Valore Effettivo		Valore di Riferimento		
$EP_{H,nd}$	12.571	$EP_{H,nd,lim}$	38.942	[kWh/(m <sup>2</sup>	verificato
$EP_{C,nd}$	114.737	$EP_{C,nd,lim}$	160.210	[kWh/(m <sup>2</sup>	verificato
$H'T$	0.586	$H'T_{lim}$	0.630	[W/(m <sup>2</sup> K)]	verificato
$\eta_h$	0.728	$\eta_{h,lim}$	0.579	[-]	verificato
$\eta_c$	2.368	$\eta_{c,lim}$	0.902	[-]	verificato
$\eta_w$	0.664	$\eta_{w,lim}$	0.468	[-]	verificato
$Asol_{est} /$	0.019	$Asol_{est} /$	0.040	[-]	verificato
$FP_{q,tot}$	138.502	$FP_{q,tot,lim}$	255.339	[kWh/(m <sup>2</sup>	verificato

## 1.4 Soluzioni tecnologiche innovative

In fase di progettazione preliminare si è deciso di proporre **soluzioni tecniche** il cui maggior pregio sia non solo in termini di qualità, ma soprattutto di durabilità e manutenibilità in rapporto principale con i costi di gestione dell'intero fabbricato (che in questo caso saranno bassi anche in considerazione della tipologia impiantistica proposta): materiali performanti quindi che abbiano tradizionalmente pochissima manutenzione ma siano al contempo sicuri e duraturi. A proposito di ciò le scelte progettuali si sono sviluppate nell'ormai consolidato (almeno per il nostro gruppo di progettazione) tema dei Criteri Minimi Ambientali (CAM).

Le scelte di base che hanno guidato la proposta degli impianti dell'intervento in oggetto, come in parte anche prescritto dalla "Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici" dell'ENEA, riguardano i seguenti aspetti fondamentali:

- A** il risparmio energetico, da cui consegue non solamente una riduzione dei consumi e dei costi di gestione, ma anche un fondamentale contributo alla sostenibilità ambientale, con riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera;
- B** l'autoproduzione di energia da fonti rinnovabili;
- C** le misure di mitigazione dell'impatto acustico;
- D** la flessibilità di utilizzo degli impianti, atta a garantire il comfort termoigrometrico anche in caso di modifica alla destinazione d'uso degli ambienti e/o varianti al layout architettonico;
- E** la semplicità di gestione;
- F** la facile manutenibilità;
- G** l'elevato livello di sicurezza antincendio.

Lo strumento messo in atto per garantire la massima efficienza è la diagnosi energetica: una procedura di analisi coordinata del sistema edificio-impianto, che ha l'obiettivo di individuare gli interventi da realizzare,



definirne le priorità e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici.

Gli impianti previsti in progetto hanno, come fonte di produzione dell'energia, pompe di calore aria/aria ed aria/acqua sfruttando anche la risorsa geotermica, ma anche il sistema solare termico a supporto della produzione di ACS durante il periodo estivo.

In particolare si segnala che la temperatura di mandata dell'acqua calda sarà gestita in modo scorrevole, in funzione della temperatura dell'aria esterna. In questo modo si aumenta l'efficienza della pompa di calore (COP stagionale) e si riducono le dispersioni delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda.

L'impianto di riscaldamento a pavimento è predisposto per essere utilizzato anche in raffrescamento durante la stagione estiva (per l'utilizzo della scuola 365 giorni all'anno); associato all'impianto di climatizzazione è previsto adeguato impianto di ventilazione, in grado di svolgere la funzione igienica di ricambio dell'aria "viziata" e di controllare l'umidità ambiente; per rendere minimi i consumi, l'impianto di ventilazione sarà dotato di sistema di recupero del calore ambiente ad altissima efficienza, pari al **90%**.

Per la regolazione della temperatura degli ambienti, sono state progettate sonde ambiente e valvole servocomandate, asservite al sistema generale BACS (Building Automation Control System), così da ridurre gli sprechi di energia e ottimizzare il comfort negli ambienti. Importante aspetto implementato per l'ottenimento della massima efficienza energetica è l'attenuazione/spegnimento della porzione di impianto di climatizzazione e ventilazione a servizio della singola aula, quando l'aula stessa non è occupata.

Al fine di rendere possibili ulteriori interventi di ottimizzazione degli impianti, ad edificio già in servizio, sono inoltre previsti sistemi di contabilizzazione dell'acqua e dell'energia termica e frigorifera.

Grazie alla contabilizzazione dei consumi potrà essere adottato un Sistema di gestione dell'energia (SGE) secondo la norma internazionale ISO 50001, attraverso il quale definire degli obiettivi quantitativi di risparmio energetico da raggiungere a breve e medio termine.

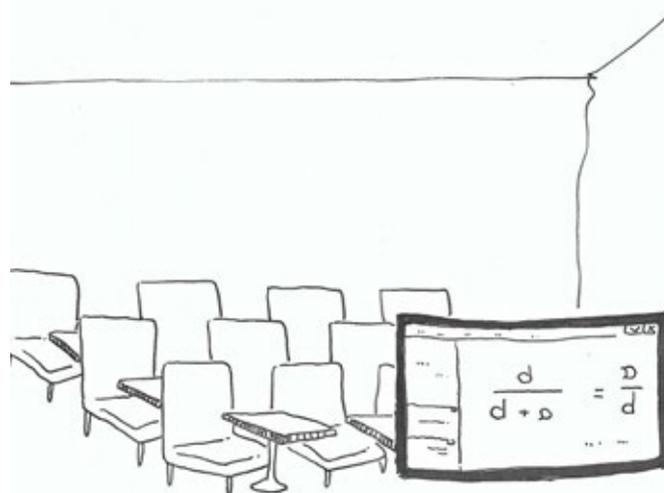
E' prevista **la raccolta delle acque meteoriche** che ne consente il riutilizzo per gli scarichi dei sanitari e l'irrigazione delle aree verdi di pertinenza. **Il sistema è composto da una vasca con volume di accumulo pari a 18.000 litri**: in questo modo, tale apporto soddisfa la domanda di acqua non potabile del complesso, riducendo il ricorso all'acquedotto. In secondo luogo, prevedendo l'adozione di impianti ad elevata efficienza sono state calcolate soluzioni in grado di abbattere di oltre il 30% il fabbisogno giornaliero di acqua per usi indoor.

Tutti gli impianti sono pensati con grande attenzione all'efficienza energetica; per l'approvvigionamento energetico esterno si farà uso di un'unica fonte primaria di energia, quella elettrica, la quale verrà usata sia per il funzionamento dei classici sistemi di illuminazione e servizio, sia per alimentare sistemi di pompe di calore ad alta efficienza in grado di garantire un'adeguata climatizzazione dei locali.

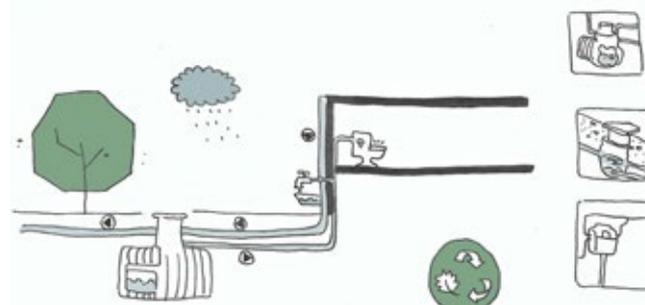
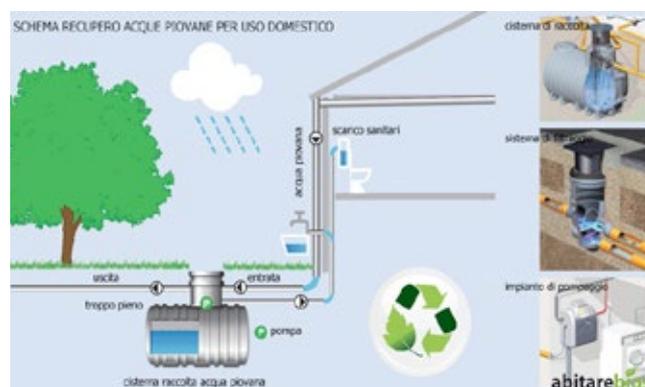
Visto il contesto in cui verrà realizzato l'intervento, alla luce anche delle linee guida dell'ENEA ed in base a quanto indicato dal Dlgs n.28 del 03/03/2011 e successive varianti ed integrazioni, si prevede la realizzazione di **un impianto di produzione fotovoltaica** dimensionato sulla base dei criteri indicati dall'allegato 3 del suddetto decreto, maggiorato del 10% trattandosi di edificio pubblico.

L'installazione è prevista sulle coperture degli edifici del civic centre e della scuola secondaria di primo grado, per una **potenza complessiva di circa 159kWp**

Principalmente gli accorgimenti adottati per l'efficienza



**Building automation control system**



**Riutilizzo delle acque meteoriche**

energetica sono:

- Uso di sistemi domotici per impianto di **gestione luci**, HVAC e schermature solari per garantire una classe di automazione A secondo la EN15232;
- Sistemi di **rivelazione presenza** nei locali di servizio;
- Sistemi di **autospegnimento** dei corpi illuminanti;
- Uso di lampade di tipologia **LED** ad alta efficienza (>100lm/W);

## 1.4.1 Strutture eco-sostenibili

In conformità a quanto richiesto dalla normativa concernente i requisiti minimi ambientali, sono stati previsti materiali isolanti che connettano le necessità di coibentazione termica con la salvaguardia dell'ambiente.

A tal proposito si è ricercata la prestazione energetica tramite l'utilizzo di materiali che provenissero da lavorazioni di riciclo e fossero comunque smaltibili mediante attività non pericolose in caso di manutenzione ordinaria / straordinaria.

### 1.4.1.1 Cappotto esterno – Isolamento in fibra di canapa

Isolante ecosostenibile per l'isolamento termico ed acustico in fibra di canapa. Il prodotto ha eccellenti prestazioni sia contro il freddo, grazie alla bassa conduttività termica, sia contro il caldo, grazie al suo elevato calore specifico e ad una bassa diffusività, che fa sì che il calore all'interno del materiale si estingua rapidamente. È indicato particolarmente in ambienti molto umidi. Infatti, rispetto agli altri isolanti, la canapa ha il vantaggio di assorbire l'umidità e rilasciarla nel tempo. Le sue proprietà traspiranti evitano l'insorgere di condensa interstiziale, garantendo ambienti abitativi salubri, privi di batteri, muffe e microbi. Tale materiale è di facile lavorazione e non comporta rischi di irritazioni cutanee o di problemi alle vie respiratorie. È durevole nel tempo e riciclabile al 100% e Conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM) previsti dal D.M. 11 gennaio 2017.

### 1.4.1.2 Solai – Isolamento in fibra di legno

Il pannello isolante in fibra di legno ha un impiego versatile per tetto, parete e pavimento. La capacità di isolare ed accumulare il calore e l'elevato tasso di riciclabilità ne fanno uno dei migliori isolanti termoacustici sul mercato. I materiali isolanti a base di fibre di legno che non sono stati danneggiati possono essere riutilizzati. Le fibre di legno possono essere compostate, i materiali sfibrati possono essere usati anche per alleggerire il terreno. I materiali a base di fibre di legno possono essere bruciati nei termovalorizzatori.



**I materiali utilizzati per gli isolanti sono ecosostenibili e non danneggiano l'ambiente, provengono da materie prime naturali o riciclate.**



**Isolante termo-acustico con pannello ecologico in fibra di canapa tipo "Naturetherm-CA"**



**Isolante termico posato a secco in fibra di legno tipo "NaturaliaBau pavatherm" realizzata senza l'uso di colle**

## 1.5 Comfort acustico

### Requisiti acustici passivi degli elementi edilizi

I requisiti acustici passivi degli edifici e dei componenti degli edifici sono definiti dal D.P.C.M. 5.12.97, "Requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti", attuativo della Legge 447/95, Legge quadro sull'inquinamento acustico.

Il decreto, in vigore dal marzo 1998, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i

requisiti acustici passivi dei loro componenti in opera (partizioni orizzontali e verticali), al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Per l'applicazione del decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art.2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella seguente Tabella I allegata al decreto stesso.

Tabella I - Classificazione degli ambienti abitativi	
Categoria	Destinazione
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili
C	alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto ed assimilabili
G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Per quanto riguarda i servizi, questi sono classificati in funzione delle modalità di funzionamento secondo la seguente Tabella II, fermo restando che gli stessi devono essere considerati fissi, ovvero parte integrante dell'edificio.

Tabella II - Classificazione dei servizi in relazione alle modalità di funzionamento	
Tipologia funzionamento servizi	Tipo di servizio
funzionamento discontinuo	ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria
funzionamento continuo	impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento

Il decreto in oggetto, in funzione della destinazione d'uso degli ambienti, indica valori minimi per le prestazioni dei componenti edilizi (Cfr. Tabella III).

Tabella III - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici					
Categorie di cui alla Tabella I	Parametri				
	R' <sub>w</sub> (*) (dB)	D <sub>2m,nT,W</sub> (dB)	L' <sub>nT,W</sub> (dB)	L <sub>ASmax</sub> dB(A)	L <sub>Aeq</sub> dB(A)
D	55	45	58	35	25
A,C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B,F,G	50	42	55	35	35

(\*) Valori di R'<sub>w</sub> riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Nel progetto, oltre al rispetto dei requisiti acustici passivi dei componenti edilizi è stata posta particolare attenzione alle caratteristiche acustiche degli ambienti ad uso didattico-congressuale, con lo scopo di verificare la qualità acustica degli stessi, in particolare con riferimento ai tempi di riverberazione prevedibili all'interno degli ambienti, in modo da garantire una adeguata intelligibilità dei suoni, con particolare attenzione alla comprensione del parlato.

Per le attività scolastiche si è valutata con particolare attenzione l'efficacia del potere  $R_w$  delle strutture separanti con l'esterno, dei relativi ponti acustici e del rumore da calpestio andando a garantire agli alunni il miglior comfort acustico possibile.

Per migliorare le prestazioni acustiche è stato utilizzato un controsoffitto radiante che abbia caratteristiche di fonoassorbimento in maniera da evitare il riverbero all'interno delle aule.

Anche le pareti di separazione sono state studiate con conformazioni tali da evitare la contaminazione acustica tra ambienti di separazione.

Per quello che concerne la Palestra è stata prestata particolare attenzione alla trasmissione del rumore verso l'esterno e gli ambienti contigui. In questa fase sono già stati valutati dei *Baffles* fonoassorbenti a soffitto che permettano di attenuare al meglio il rimbombo all'interno durante lo svolgimento delle attività sportive.

Per quanto riguarda l'auditorium, oltre a quanto precedentemente indicato, sono state progettate una serie di migliori tecniche che verranno affinate in fase preliminare.

Per conservarne infatti la polifunzionalità dello stesso nell'ospitare eventi di diversa natura (concerti, saggi, meeting...) è possibile prevedere dei pannelli lamellari disposti lateralmente alla sala che possano essere, a seconda della specifica richiesta, angolati in maniera tale da garantire gli effetti fonoriflettenti o fonoassorbenti richiesti.

Per quanto riguarda la mensa e le restanti aree del *civc centre* sono state intraprese le misure sopra indicate concernenti il comfort acustico relativamente agli spazi limitrofi.

Anche la scelta della disposizione degli edifici è stata fatta in funzione del massimo comfort acustico delle attività didattiche, andando a inserire il *civc centre* frapposto alla strada principale, in maniera che funga da schermatura tra Via Galletti e l'attività scolastica.

### Requisiti acustici impianti

Particolare attenzione è stata riposta, oltre che allo studio dei requisiti acustici passivi della struttura vista la delicata posizione ambientale, anche all'attenuazione della rumorosità concernente gli impianti.

A tale proposito saranno selezionate apparecchiature in



**Esempi di soluzioni acustiche per l'auditorium**

grado di garantire già alla fonte bassi livelli di emissione sonori.

Il livello sonoro interno prodotto dai diffusori di immissione o di ripresa dell'aria, oppure da apparecchiature installate direttamente in ambiente rispetta le prescrizioni previste dalla normativa UNI 8199.

Si è limitato il fenomeno della rigenerazione e del riverbero all'interno delle distribuzioni eliminando quanto più possibile strozzature, pezzi speciali, cambi di direzione e diramazioni. Si è cercato inoltre di mantenere basse le velocità dell'aria all'interno delle canalizzazioni in maniera tale da limitare ancora di più il fenomeno pulsante di diffusione sonora tra le canalizzazioni.

Infine si è dotato le macchine di trattamento dell'aria di elementi silenziatori in grado di attenuare la rumorosità del sistema di ventilazione, sia in mandata che in ripresa. Le apparecchiature meccaniche, possibili causa di rumore, sono state disposte in copertura in maniera tale da non porsi come elemento di disturbo sonoro.

Tutte le tubazioni di scarico relativamente alle colonne pluviale e acque meteorologiche verticali saranno isolate acusticamente, dotate di appositi collari antivibranti e di elementi desolidarizzanti in corrispondenza di attraversamenti cementizi.

Le cassette di scarico a parete dei WC saranno dotate di apposito isolamento acustico e disaccoppiante per il montaggio del sanitario a parete in maniera da limitarne le vibrazioni.

Tutte le apparecchiature meccaniche posate a basamento saranno dotate di sostegni antivibranti,



**Le aule sono studiate con la massima attenzione al comfort acustico**

mentre le unità frigorifere a pompa di calore saranno dotate di isolamento acustico dei compressori e ventilatori *brushless* dalle ridotte emissioni acustiche. Tutte le apparecchiature di generazione e distribuzione, possibile fonte rumorosa, sono state confinate lontane dagli spazi abitati in maniera da garantire il perfetto comfort acustico.

Sono state intraprese misure schermanti fonoassorbenti attorno alle macchine poste in copertura in maniera da limitare al minimo le dispersioni sonore verso i vicini.

## 1.6 Durabilità e manutenzione impianti

La presente proposta progettuale è tesa a proporre gli impianti più sicuri possibili relativamente alla sicurezza degli ambiente a tutela dei ragazzi e della comunità.

Sono stati quindi evitati impianti che potessero creare rischi in fase di gestione quali: ventilconvettori, torri evaporative, umidificatori d'aria.

Inoltre saranno intraprese tutte le misure necessarie per evitare nella maniera più assoluta il rischio di formazione e proliferazione della legionella potendo contare sui seguenti accorgimenti:

- Shock termico programmato dalla produzione all'emissione (rubinetti)
- Distribuzioni in materiali che consentano opere di shock termico senza comprometterne le caratteristiche meccaniche (multistrato, acciaio inox)
- Distribuzioni a ricircolo su ogni pezzo sanitario (Tipo viega) con ricircolo acqua calda ad anello in maniera da evitare in qualsiasi punto di impianto stagnazione idrica.
- Dosaggio prodotti biocidi a ciclo continuo con relative centraline di controllo del potenziale REDOX.

Si sono poi raccolte all'interno di appositi spazi tecnici tutte le apparecchiature elettriche e meccaniche e pertanto la manutenzione ordinaria / straordinaria può avvenire senza andare a interrompere alcun tipo di servizio.

Sono stati ridotti al minimo il numero di macchine aerauliche andando a limitare le operazioni di pulizia/ sostituzione filtri ed il controllo delle ventilanti.

La distribuzione dell'aria verrà realizzata con basse velocità e senza interferire con gli arredi in maniera da evitare la movimentazione della polvere.

Tale scelta è coadiuvata dai sistemi radianti che permettono bassi costi manutentivi e miglior qualità igienica degli ambienti.

I silenziatori fonoassorbenti saranno dotati di speciali finiture che garantiranno il massimo dell'igienicità



dell'aria filtrata all'interno delle canalizzazioni.

Tutte le macchine esterne a servizio dell'impianto termomeccanico ed elettrico (fotovoltaico) saranno costruite mediante appositi trattamenti in modo da evitare la corrosione provocata dall'elevata umidità palermitana abbinata all'effetto delle correnti d'aria marine.

Le macchine sono dimensionate con corretti gradi di back-up e sovradimensionamenti in maniera da poterle far lavorare a rendimenti migliori e condizioni di carico parziali evitando sforzi e sovraccarichi.

Grazie alla presenza di un impianto BACS di classe "A" secondo UNI 15232 ogni elemento elettrico e termomeccanico sarà gestito e controllato da remoto.

Le opere di manutenzione programmata avverranno così in maniera molto inferiore; potendo contare su un sistema che avvisa quando realmente vi sia la necessità di realizzare le manutenzioni con tempi di reazioni praticamente immediati.

## 2 Descrizione impianti termoidraulici

### 2.1 Premessa ed inquadramento generale

La presente relazione definisce le linee guida concernenti la dotazione impiantistica relativa agli impianti meccanici.

In particolare si è cercato di proporre un impianto che connetta quanto meglio possibile la flessibilità del progetto con le più efficienti ed avanzate tecnologie in termini di prestazione energetica. A tal proposito si è dovuto necessariamente tener conto della praticità dei sistemi e soprattutto dei vantaggi derivati dalla semplicità di gestione, affidabilità, durata nel tempo ed efficienza del sistema edificio-impianto, con particolare occhio critico nella scelta dei materiali verso gli aspetti manutentivi e la scelta di materiali ecologici.

La proposta impiantistica esplicitata di seguito determina il rispetto dei requisiti normativi in merito all'analisi energetica dell'edificio e non solo nel rispetto del D.M. 26.06.2015 ed affini. Grazie ad una collaborazione integrata edificio-impianti si è andati, anche con l'ausilio mirato di un impianto BACS, a determinare una **classificazione energetica A4** ricercando le soluzioni di maggior efficienza energetica.

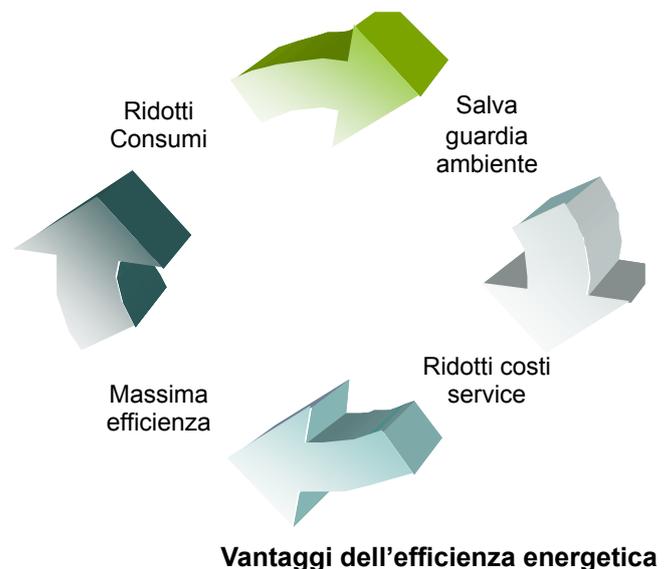
In questa maniera si è potuto garantire all'utente finale l'ottimizzazione nel contenimento dei consumi energetici a parità di affidabilità ed efficienza impiantistica e manutentiva. L'edificio in oggetto è stato poi verificato ai fini della classificazione **NZEB (Nearly Zero Energy Building)** così come definito dal D.M. 26.06.2015 con requisiti specifici relativi ad edifici di riferimento ad elevate prestazioni energetiche, con riferimento ad edifici di nuova costruzione con requisiti per le nuove costruzioni II fase (01.01.2019 Edifici ad uso pubblico).

Si è cercato di proporre delle soluzioni che interconnettano in egual misura l'avanzamento tecnologico relativamente al risparmio energetico abbinato alla semplicità della componentistica, con un occhio di riguardo rivolto verso il futuro oltre che verso il presente. Le sempre più stringenti normative a livello nazionale e la necessità di determinare, per quanto concerne una prestazione energetica degli edifici sempre più elevata, hanno portato a dover necessariamente rivedere le modalità di progettazione così come previste in passato prediligendo il rinnovabile al combustibile fossile.

Per quanto attiene l'utilizzo di impianti alimentati da "Fonti Energetiche Rinnovabili" si è fatto riferimento all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 con copertura del **50+10%** di energia per riscaldamento, raffrescamento e produzione ACS.



Classe energetica dell'edificio



### 2.1.1 Parametri progetto

Località : Palermo

Altitudine : 21 m. s.l.m.

Gradi Giorno : 751 gg



**Condizioni Estate (UNI 10339)**

Te 31,5 °C – Ur 60%

**Condizioni Inverno**

Te +5 °C – Ur 70%

### 2.1.2 Condizioni INTERNE

ZONA	ESTATE		INVERNO	
	Temp. °C	U.R. %	Temp. °C	U.R. %
-				
Scuola Elementare	26	50	20	50
Scuola Media	26	50	20	50
Asilo	26	50	20	50
Palestra	26	45	20	-
Connettivi	26	50	20	-
Auditorium	26	50	20	50
Mensa	26	50	20	-

## 2.2 Edifici passivi e studio ombreggiamenti

Nello studio che ha determinato la redazione del presente progetto preliminare non si sono trascurati gli elementi concernenti lo studio dell'orientamento solare in funzione dell'ottimizzazione degli ombreggiamenti.

Tale studio ha determinato il perfezionamento nella ricerca degli aggetti verticali ed orizzontali fissi atti alla riduzione dell'irraggiamento in regime estivo per quanto concerne gli edifici scolastici. Al contempo si è studiato un sistema di schermature mobili esterne di tipo metallico che, governate da un evoluto sistema di telegestione, permettono di oscurare gli ambienti in funzione del reale apporto dell'energia solare e della luminosità richiesta in ambiente.

In questa maniera si è potuto ridurre i consumi in regime estivo, favorendo invece il riscaldamento passivo delle strutture in regime invernale.

Si è studiato l'orientamento solare in vari periodi dell'anno verificandone l'effettiva disposizione degli edifici e l'organizzazione degli spazi. Grazie a questa conformazione sarà possibile trarre il massimo beneficio dal punto di vista dei consumi a parità di comfort luminoso delle strutture.

A tal proposito si è modellato un profilo orario che copra l'intero arco della giornata (10:00; 13:00; 17:00) e si sposti con le idee di polifunzionalità della struttura non solo come sfruttamento della attività scolastica.

Lo studio 3D delle ombre ha portato a intraprendere le azioni seguenti

**Scuola dell'infanzia:** aggetti orizzontali fissi per l'attenuazione dell'irraggiamento durante le ore più calde, tetto di copertura con struttura ad elevata riflettanza.

**Scuola primaria:** aggetti orizzontali fissi per l'attenuazione dell'irraggiamento durante le ore più calde, tetto di copertura con struttura ad elevata riflettanza.

**Scuola secondaria di primo grado:** Utilizzati aggetti orizzontali fissi per l'attenuazione dell'irraggiamento durante le ore più calde, tetto di copertura con struttura ad elevata riflettanza.

**Civic centre:** Previste schermature mobili esterne che permettano di massimizzare le prestazioni in funzione della stagione. In questa zona di edificio si è verificata infatti che la condizione critica a livello di irraggiamento e rientrate estive si verifica nelle ore pomeridiane con sole ad angolazione ridotta con esposizione OVEST. Pertanto per limitare gli apporti di irraggiamento si sarebbero dovute prevedere delle schermature fisse verticali (brise soleil) che però avrebbero determinato

una minore flessibilità d'utilizzo. Per ovviare a tale questione si è ricorso alle schermature mobili che permettono una schermatura fino al 46% della superficie vetrata netta con ottimi rendimenti termici grazie alla gestione domotica e la possibilità di una flessibile gestione.

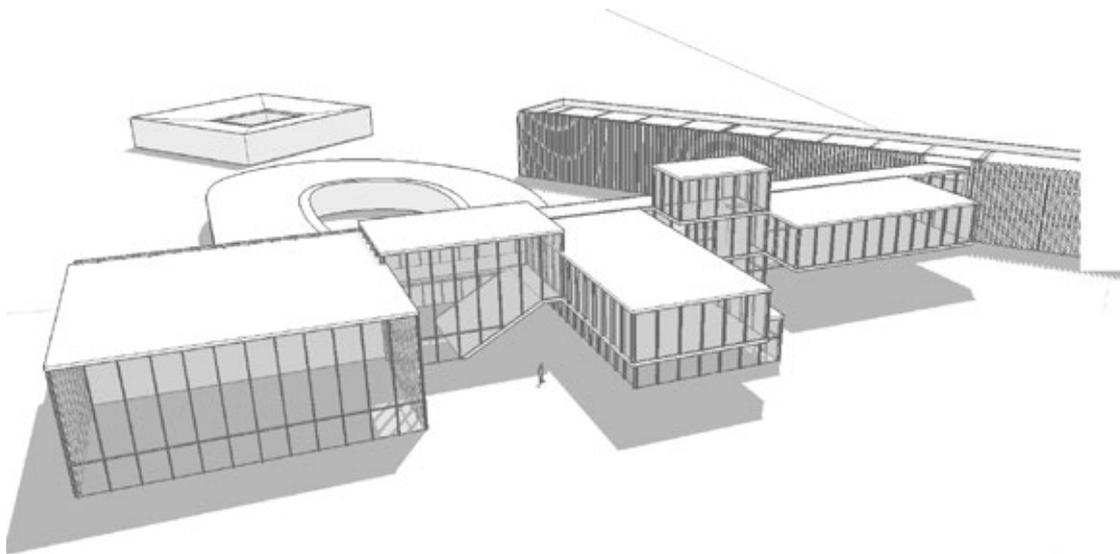
Sono stati studiati comunque aggetti orizzontali che determinino ombreggiamenti nelle ore di tarda mattinata e primo pomeriggio limitando gli apporti solari con sole alto e materiali di copertura ad elevata riflettanza.

Oltre agli ombreggiamenti ed al fattore di shading ottenuto da ombreggiamenti fissi e mobili è stato verificato e considerato un valore di trasmissione solare del vetro minore di 0,50 che riduce gli apporti di energia per trasparenza ed assorbimento delle superfici vetrate. Rimane comunque rispettato il valore di trasmissione solare  $g_{gl+sh} < 0,35$  come indicato nel D.M. 26.06.2015.

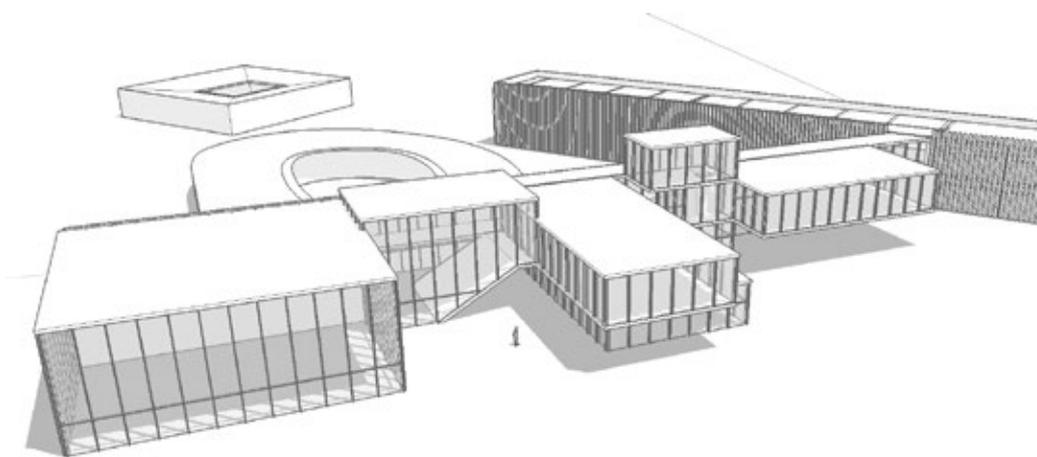
Lo studio degli ombreggiamenti ha concesso di raggiungere un valore relativo all'area solare equivalente estiva  $< 0,040$ .

A completamento dello studio si sono verificate le strutture di copertura in maniera da abbassare quanto possibile i consumi in regime estivo con il contenimento dei valori di riflettanza solare inferiori a 0,65 (coperture piane) e 0,30 (coperture piane).

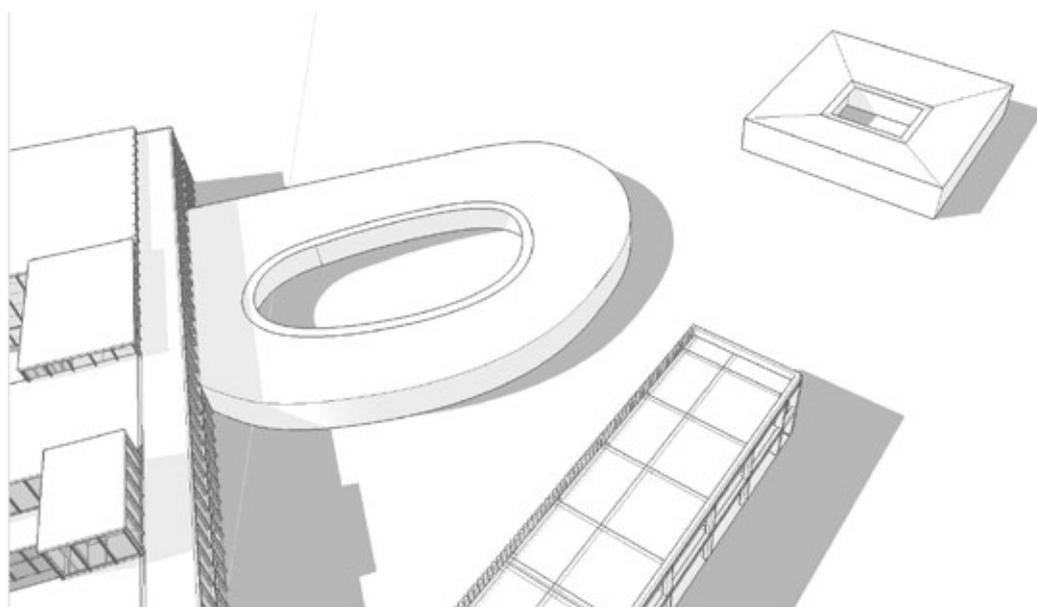
Lo studio delle ombre è servito anche per massimizzare e studiare l'esposizione solare in funzione dell'ottimizzazione del nuovo impianto fotovoltaico.



**Verifica ombre 21/07 ore 10:00**



**Verifica ombre 21/07 ore 12:00**



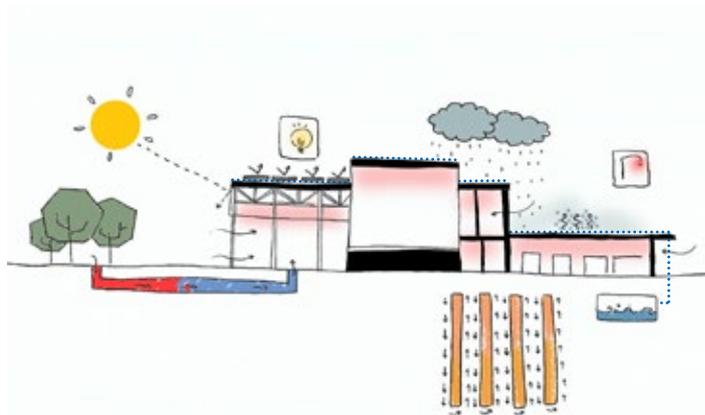
**Verifica ombre 21/07 ore 17:00**

## 2.3 Proposta Impiantistica: HVAC

Le scelte descritte in calce hanno avuto origini di carattere didattico oltre che in estrema simbiosi con le più evolute tecniche di efficientamento; la dotazione impiantistica è stata infatti studiata per dare alla comunità ed ai ragazzi la possibilità di toccare con mano un efficiente impianto *green* con lo sfruttamento di tecnologie totalmente avulse dal prelievo di energia prodotta mediante combustibili fossili.

Questo discorso è esteso chiaramente anche al *civc centre* che offre al quartiere servizi ad alto tasso tecnologico con consumi energetici ed impatto ambientale ridotti.

Si è deciso quindi di proporre degli impianti a pompa di calore che sfruttino quanto meglio possibile le risorse del territorio (Aria, Terreno, Sole).



Panoramica degli impianti

### 2.3.1 Generazione

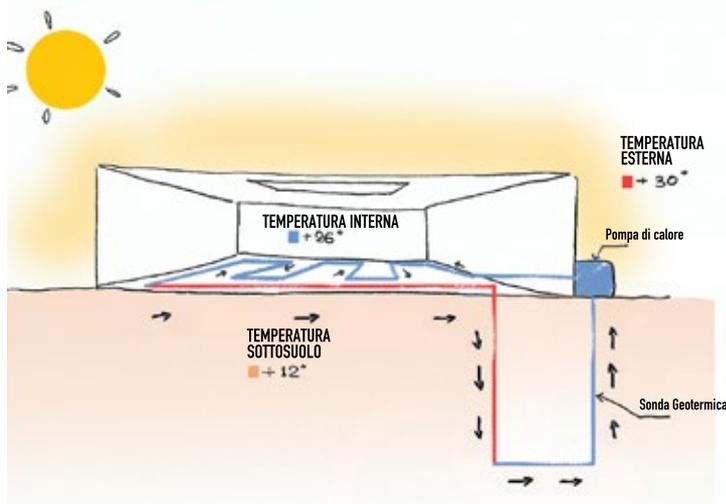
#### 2.3.1.1 Scuola dell'infanzia e scuola primaria

A servizio della scuola dell'infanzia e della scuola primaria è stato pensato un impianto termico che possa connettere le esigenze di comfort termico alle necessità di massimizzare le prestazioni energetiche.

La generazione relativamente a questa parte di edificio degli impianti termici è affidata a pompe di calore terra-acqua che permettano di sfruttare quanto meglio possibile l'energia *green* che il territorio propone. Per questo tipo di generazione sono stati scelti la scuola dell'infanzia e la scuola primaria in quanto è stato possibile programmare un payback time medio inferiore a cinque anni.

Questa tecnologia permette di lavorare durante tutta la stagione con temperature del sottosuolo costanti e quindi di ottenere grossi benefici nella gestione del processo di condensazione delle pompe di calore. Potendo infatti rendere costante la condensazione delle macchine con temperature comprese tra 15-20°C consente di elevare i rendimenti stagionali delle pompe di calore SCOP con valori medi maggiori di 6,5. Tali rendimenti sono addirittura maggiori in regime di carichi parziali e consentono di ottenere un rendimento maggiore del 40% rispetto alle tradizionali macchine condensate ad aria. Le macchine saranno progettate con particolari accorgimenti costruttivi che sono tesi a massimizzarne le prestazioni e limitarne lo sforzo allungandone la vita media.

L'unità di condizionamento sarà dotata di condensatori con batterie a pacco alettato costituite da tubi in rame e alettatura in alluminio. Le batterie di scambio termico saranno dimensionate generosamente in maniera tale da massimizzare lo scambio tra i fluidi ed il terreno.



Impianto termico scuola dell'infanzia

Il circuito frigorifero alimentato con fluido frigorifero **R32** garantisce il massimo delle prestazioni tecniche per l'utilizzo ai fini del condizionamento oltre ad essere al passo con le nuove legislazioni concernenti la riduzione del GWP (global warming potentia).

Tale refrigerante infatti, oltre ad essere totalmente privo di cloro, possiede un **GWP** attorno ad un valore pari a 675 (- 68% rispetto al tradizionale R410a) che consente una riduzione totale >75% di produzione di Co2 equivalente.

Il sistema di compressione è costituito da compressori *Scroll* assiali. I compressori *Scroll* sono costituiti da una spirale che compie un movimento orbitale su un percorso definito da una spirale fissa che si accoppia con essa.

Questo genere di tecnologia permette di aumentare notevolmente il rendimento volumetrico rispetto ad altre tipologie di sistemi.

Per migliorare ulteriormente le sollecitazioni verso l'unità esterna è stato previsto un accumulatore inerziale ulteriore che permette l'ottimizzazione nella gestione della macchina.

Grazie all'accumulatore inerziale di acqua tecnologica calda/fredda sarà possibile evitare continue accensioni/spegnimenti derivati da chiamate occasionali o piccole richieste di carico.

Sulla macchina sarà prevista l'installazione di uno scambiatore di calore a piastre aggiuntivo per il recupero del calore quando la macchina lavora in modalità *cooling* (desurriscaldatore).

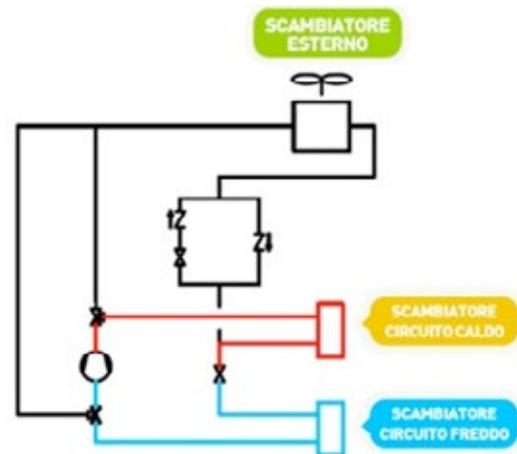
Questa tecnologia permetterà di recuperare fino al 30% del calore di condensazione altrimenti smaltito in ambiente. Attualmente è stato previsto di recuperare il calore e renderlo disponibile per l'alimentazione idrica delle batterie di post-riscaldamento delle unità di trattamento aria. In questa maniera sarà possibile ottenere il controllo dell'umidità relativa ambiente, in maniera praticamente gratuita nell'arco delle stagioni primaverile ed estiva.

L'impianto dell'Asilo di potenzialità pari a circa 60 kW frigoriferi risulta composto da una pompa di calore totalmente condensata ad acqua con sonde geotermiche verticali. Per lo smaltimento del calore di condensazione sono stati progettati in via preliminare n°9 pozzi in sonda chiusa di profondità pari a circa 120 m.l. L'impianto della scuola dell'infanzia è indipendente a livello di generazione rispetto agli altri impianti, oltre che per ragioni di *back up* anche per limitare al minimo le perdite per distribuzione. Si è scelto infatti di evitare reti interrante di connessione tra edifici per evitare dispersioni di calore in contraddizione con le opere di contenimento energetico precedentemente descritte.

## GWP comparison of R410A & R32



## Confronto GWP refrigeranti



Schema funzionamento scambiatore di calore

Calcolo Sonde Geotermiche		
DATI DI INGRESSO		
Potenza frigorifera	61,10 kW	Da scheda
Potenza assorbita	10,80 kW	Da scheda
Potenza sorgente	71,9 kW	-
Località	Palermo	-
Tipo terreno	Roccia	-
Rendimento terreno	70 [W/m]	-
Profondità sonde	120 [m]	-
RISULTATI		
N° Pozzi	n°	<b>9</b>
COSTI TOTALI		
€	€	<b>86.400</b>

L'impianto della scuola elementare di potenzialità pari a circa 110 kW frigoriferi è composto da una pompa di calore totalmente condensata ad acqua con sonde geotermiche verticali. Per lo smaltimento del calore di condensazione sono stati progettati in via preliminare n°13 pozzi in sonda chiusa di profondità pari a circa 120 m.l. Per la generazione anche la scuola elementare sarà dotata di propri impianti termici in maniera da limitare le perdite per distribuzione e migliorare il *back-up* degli impianti. Le macchine saranno destinate in apposito locale tecnico interrato ad uso esclusivo.

Calcolo Sonde Geotermiche		
DATI DI INGRESSO		
Potenza frigorifera	91,70 kW	Da scheda
Potenza assorbita	16,80 kW	Da scheda
Potenza sorgente	108,5 kW	-
Località	Palermo	-
Tipo terreno	Roccia	-
Rendimento terreno	70 [W/m]	-
Profondità sonde	120 [m]	-
RISULTATI		
N° Pozzi	n°	13
COSTI TOTALI		
€	€	124800

### 2.3.1.2 Scuola secondaria di primo grado e civic centre

A servizio della scuola secondaria di primo grado e del *civic centre* sono stati pensati impianti termici alimentati sempre da pompe di calore ma del tipo aria-acqua.

Questa tecnologia è stata ritenuta la migliore dal punto di vista tecnico-economico per questa tipologia di edifici. Le potenze in gioco e la discontinuità di utilizzo hanno determinato infatti la non convenienza dell'impianto terra-acqua.

Per ciascuna area è stata prevista una macchina a pompa di calore in maniera da rendere gli edifici totalmente indipendenti tra di loro ottimizzando i rendimenti ai carichi parziali.

Gli impianti termici e le relative macchine saranno pertanto così suddivisi:

#### Palestra

<b>Pf=</b>	<b>102 kW</b>
<b>Pc=</b>	<b>100,8 kW</b>
<b>Test.=</b>	<b>7-12°C</b>
<b>Pe=</b>	<b>31,8 kW</b>
<b>EER=</b>	<b>3.2</b>
<b>ESEER=</b>	<b>4.25</b>
<b>Test.=</b>	<b>45-40°C</b>
<b>Pe=</b>	<b>30,4 kW</b>
<b>COP=</b>	<b>3.31</b>



## Scuola secondaria di primo grado

<b>Pf=</b>	<b>102 kW</b>
<b>Pc=</b>	<b>100,8 kW</b>
Test.=	7-12°C
Pe=	31,8 kW
EER=	3.2
ESEER=	4.25
Test.=	45-40°C
Pe=	30,4 kW
<b>COP=</b>	<b>3.31</b>

## Civic centre

<b>Pf=</b>	<b>102 kW</b>
<b>Pc=</b>	<b>100,8 kW</b>
Test.=	7-12°C
Pe=	31,8 kW
EER=	3.2
ESEER=	4.25
Test.=	45-40°C
Pe=	30,4 kW
<b>COP=</b>	<b>3.31</b>

## Auditorium

<b>Pf=</b>	<b>42,8 kW</b>
<b>Pc=</b>	<b>43,2 kW</b>
Test.=	7-12°C
Pe=	13,4 kW
EER=	3.21
ESEER=	4.29
Test.=	45-40°C
Pe=	13,1 kW
<b>COP=</b>	<b>3.30</b>



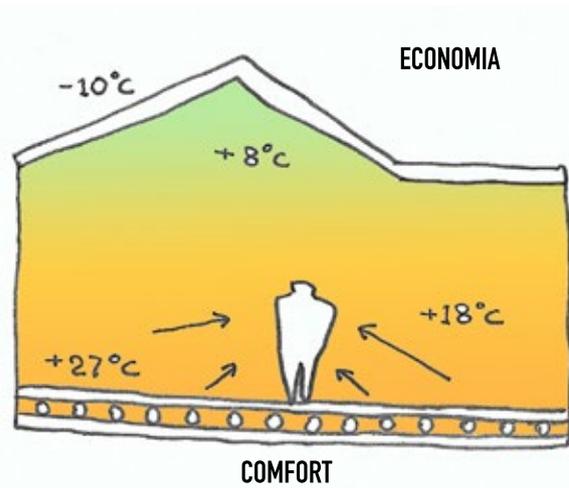
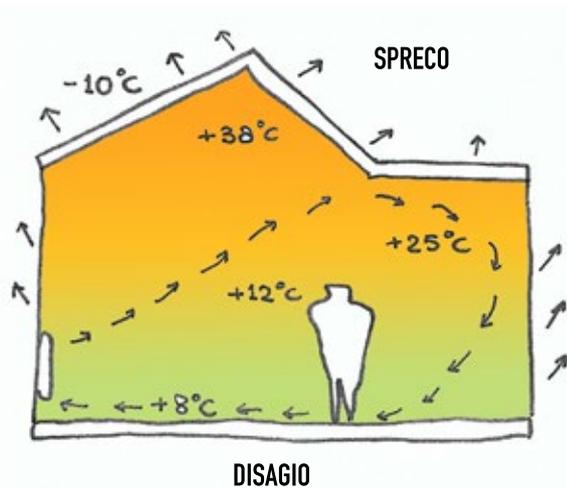
A tutela della stazione appaltante sono state selezionate macchine certificate Eurovent e con rendimenti rispondenti alla ErP.

Le batterie di scambio termico saranno dimensionate in maniera tale da evitare quanto meglio possibile l'effetto sbrinamento invernale e per garantire la massima efficienza di scambio nel corso del tempo del refrigeratore.

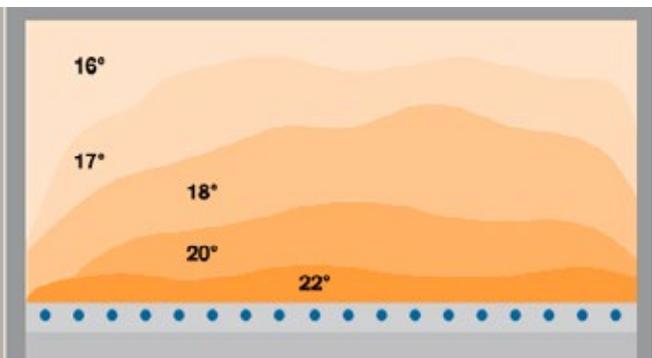
In ogni caso saranno predisposte in extrema ratio delle serpentine ad assorbimento elettrico di *back-up* emergenza in caso di eventuale malfunzionamento. Questo genere di soluzione è mantenuta solo in caso di *back-up* del sistema di condizionamento e non sarà abilitata in funzionamento normale se non per particolari condizioni d'emergenza.

Il sistema di condensazione sarà completato inoltre dall'installazione di ventilatori assiali dotati di inverter in maniera tale da garantire il massimo delle prestazioni energetiche, riducendo almeno del 30% l'apporto di energia elettrica per gli ausiliari di sistema.

Vale quanto descritto nel capitolo precedente quello che riguarda le prestazioni e le dotazioni delle macchine.



Temperatura ambiente in un locale riscaldato con radiatori



Temperatura ambiente in un locale riscaldato con sistema a pavimento

## 2.3.2 Emissione

### 2.3.2.1 Scuola dell'infanzia e palestra

A servizio dell'Asilo è stato previsto un impianto di climatizzazione radiante a pavimento che connette al meglio le esigenze di comfort dei bambini, con le esigenze energetiche che massimizzano le prestazioni della pompa di calore.

Questa scelta è stata determinata dalla volontà di poter garantire il massimo delle prestazioni energetiche ed acustiche. Questa tipologia impiantistica permette inoltre di contenere i costi in fase manutentiva; in quanto non vi è la necessità di eseguire pulizia filtri e verifiche periodiche di prevalenza, portate d'aria, regolazione come sui tradizionali impianti a ventilconvettori. Tali operazioni vengono realizzate una volta sola sull'impianto di ventilazione centralizzata. Questo poiché l'impianto di ricambio dell'aria e di trattamento dei carichi termici risulta il medesimo.

Grazie a questa conformazione è consentito di poter ottimizzare il funzionamento del refrigeratore a pompa di calore potendo lavorare con temperature d'utilizzo molto più basse contenendo i consumi ed elevando i valori di COP della macchina generatrice. Altro vantaggio di questa tipologia impiantistica risulta essere la difficoltà di eventuale manomissione in quanto non consta la

presenza di elementi a vista all'interno dei locali, oltre a garantire prestazioni igienico sanitarie molto più elevate rispetto ai tradizionali impianti a ricircolo d'aria.

Questa scelta permette di scongiurare eventuali danni dovuti a formazione di legionella all'interno delle bacinelle dei ventilconvettori e di conseguenti male odori in caso di non ottimale connessione dei sistemi di scarico condensa di eventuali ventilconvettori.

Si è determinato inoltre un miglioramento di comfort termico all'interno degli ambienti grazie alla diffusione del calore uniformemente distribuita sull'intera superficie dei locali grazie ad appositi canali induttivi a vista.

Infine una considerazione non trascurabile risulta l'ottimizzazione degli spazi utilizzabili grazie all'assenza totale di corpi scaldanti puntuali che determinerebbero la forzatura di layout interni vincolati al posizionamento dei corpi scaldanti stessi perimetralmente o in controsoffitto.

L'impiego inoltre di strutture altamente performanti dal punto di vista dell'isolamento termico coadiuvati dal sistema di ventilazione meccanica controllata ad alta efficienza di recupero; hanno determinato una notevole riduzione dello svantaggio dovuto all'inerzia termica dell'edificio. Il fattore di ripresa risulta infatti notevolmente ridotto grazie all'utilizzo di materiali performanti dal punto di vista dell'isolamento termico dell'involucro e delle superfici vetrate che trattengono il calore all'interno dell'edificio, una volta raggiunta la messa a regime dei locali dal punto di vista termico.

### 2.3.2.2 Scuola secondaria di primo grado, Scuola primaria, Civic center, Spogliatoi

A servizio delle Aule di formazione è stato previsto un impianto di climatizzazione radiante a soffitto che connette al meglio le esigenze di comfort dei ragazzi, con le esigenze energetiche che massimizzano le prestazioni della pompa di calore.

Si è scelto questo tipo di sistema perché oltre ad agevolare le prestazioni delle macchine generatrici grazie alle temperature di produzione più elevate, consentono di eliminare il problema dell'inerzia termica che contraddistinguono gli impianti radianti. I vantaggi di questo sistema sono notevoli:

- **Bassa inerzia termica.** Rapidissimo raggiungimento della temperatura grazie ai sistemi a soffitto che possono raggiungere quasi istantaneamente la temperatura d'esercizio. Una volta acceso l'impianto nel giro di pochi minuti si raggiunge la condizione di temperatura richiesta. È una soluzione che unisce elevata uniformità di riscaldamento / raffreddamento, con bassa inerzia termica.

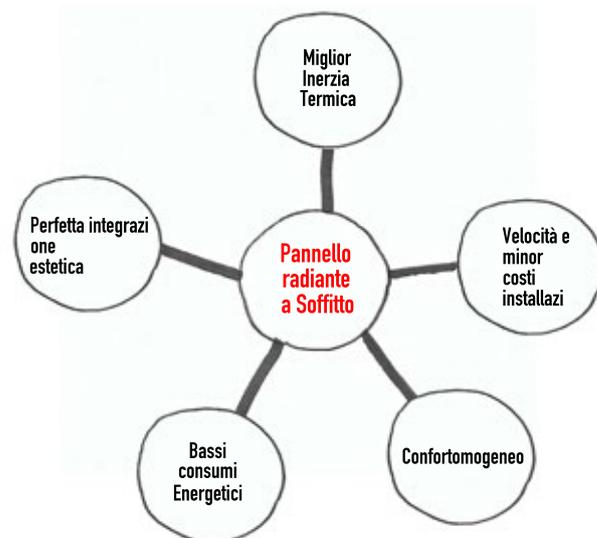
- **Comfort.** Diffusione calore omogenea in tutti i punti dell'ambiente grazie ai soffitti radianti che riscaldano e raffreddano gli ambienti in ogni parte dell'ambiente evitando localizzate differenze di temperatura (come ad esempio accade per ventilconvettori oppure radiatori).

- **Bassi consumi.** Soluzione tecnica che consente di ottenere i migliori benefici in termini di comfort, inerzia termica ma soprattutto in termini di efficienza energetica.

- **Velocità e minor costi di installazione.** Il sistema è di veloce installazione, le fasi sono le seguenti: installare i profili ad "L" a muro controllando che sia in bolla; Installazione pendini secondo indicazioni dal fornitore della struttura metallica; Installazione profili a "T" strutturali (aggancio ai pendini), in senso longitudinale e trasversale; Collegamento delle linee principali ai collettori di distribuzione a soffitto; Inserimento dei pannelli modulari e completamento con i collegamenti idraulici. Il costo è un supplemento del controsoffitto che comunque sarebbe da prevedere per il contenimento degli spazi tecnici.

#### - **Perfetta integrazione**

I sistemi a soffitto permettono di incorporare altri impianti tecnologici (illuminazione, ventilazione, aspirazione, antincendio...) consentendo un'integrazione anche dal punto di vista estetico, e la possibilità di inserire tali impianti senza procedere a opere invasive. Si possono inoltre integrare con sistemi di deumidificazione e di ventilazione meccanica per ottimizzare le prestazioni in raffreddamento e per garantire una elevata qualità dell'aria grazie alla flessibilità installativa.



**Vantaggi del pannello radiante a soffitto**

### 2.3.3 Ventilazione meccanica controllata

A servizio del complesso è stata prevista l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata in maniera tale da garantire la corretta salubrità dell'aria indoor ed al contempo il controllo dell'umidità relativa. Per alcune zone l'impianto svolge la mera funzione di ricambio aria ambiente con portate calcolate in conformità al D.M. 18 dicembre 1975 ed alla UNI 10339. Alcune zone saranno quindi dotate di unità denominata "ad aria primaria" che saranno installate nelle strutture: Asilo, Medie, Elementari, Spogliatoi, Palestra, Area Polifunzionale. Per altre zone è stato previsto l'impianto denominato "a tutt'aria"; ovvero una unità di ventilazione che svolge sia la funzione di ricambio aria indoor che condizionamento.

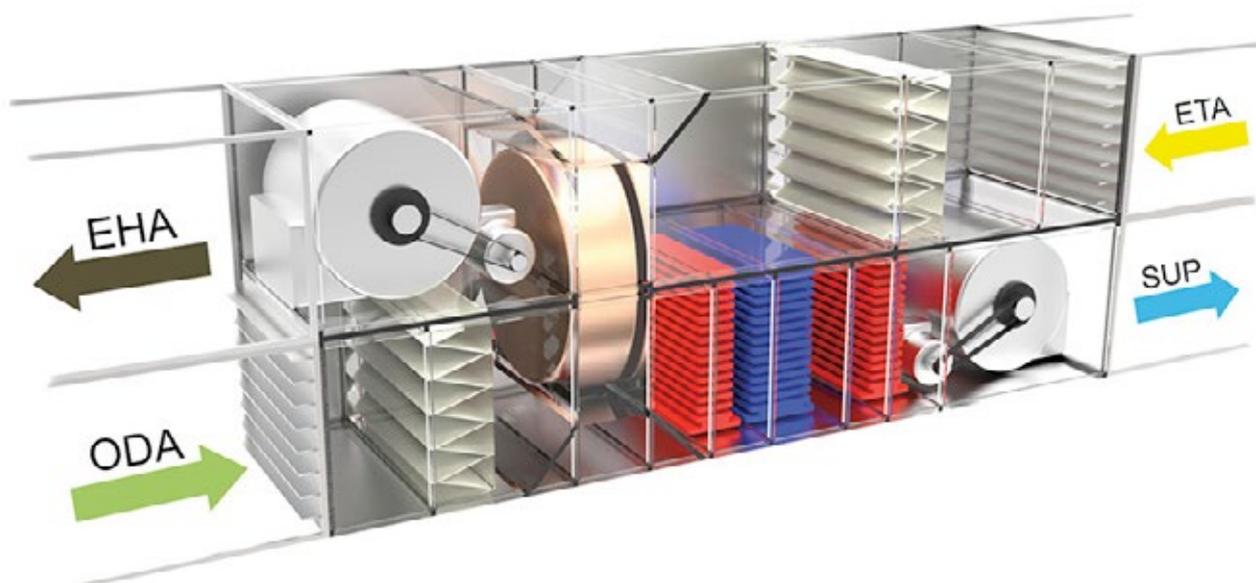
Le zone dotate di impianto a tutt'aria risultano: Mensa e Auditorium.

Le macchine sono state dedicate al singolo edificio e per massimizzarne l'efficienza sono state tutte dotate di motori classe di efficienza **IE4**, in conformità alla direttiva ErP e relativi controlli di pressione proporzionali con inverter.

Ciascuna macchina è dotata di sezioni di filtrazione, batterie di trattamento, sezioni di ventilazione e recuperatori di calore statici o rotativi che garantiscano un recupero energetico pari almeno all'**80%**.

Tutte le macchine saranno dimensionate in maniera da funzionare come integrazione all'impianto di raffrescamento con annesso controllo dell'umidità relativa ambiente.

A tal proposito saranno previste batterie di post-riscaldamento a totale recupero che in regime estivo/primaverile garantirà il comfort termico delle temperature di mandata senza particolari costi di gestione.



Le macchine saranno sinteticamente le seguenti:

**ASILO – Aria Primaria**  
Q= 5.600 mc/h H= 250 Pa

**MEDIE – Aria Primaria**  
Q= 10.850 mc/h H= 250 Pa

**ELEMENTARI – Aria Primaria**  
Q= 6.200 mc/h H= 250 Pa

**AUDITORIUM – Tutt'aria**  
Q= 10.250 mc/h H= 250 Pa

**MENSA – Tutt'aria**  
Q= 9.200 mc/h H= 250 Pa

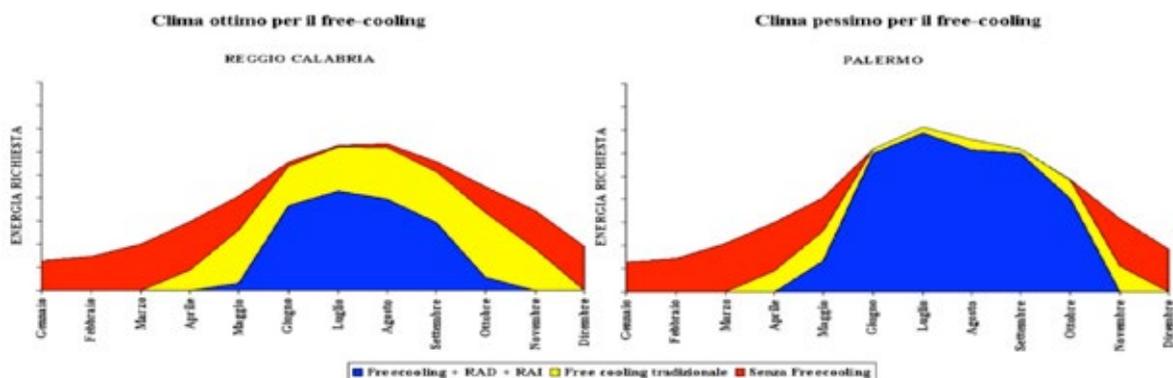
**PALESTRA – Aria Primaria**  
Q= 8.400 mc/h H= 250 Pa

**AREA POLIF. – Aria Primaria**  
Q= 2.100 mc/h H= 250 Pa

Gli ambienti saranno inoltre dotati di sonde di CO2 e cassette VAV che garantiscano la parzializzazione delle portate d'aria in assenza di permanenza persone.

se il clima della città di Palermo estremamente umido non consente uno sfruttamento eccezionale di questa tecnologia:

Le macchine saranno dotate di sezione di *bypass* e *free cooling* in maniera da garantire il raffrescamento naturale degli ambienti quando le condizioni climatiche esterne lo permettono, anche



Tutte le macchine saranno dotate di certificazione Eurovent e risponderanno alle più ristrette disposizioni concernenti l'efficienza energetica (Direttiva ErP 2021 – recepimento Regolamento CE 1253/2014).

## 2.4 Proposta Impiantistica: Impianti idrici

### 2.4.1 Produzione Acqua Calda

La produzione di acqua calda degli edifici risulta prevista con pompe di calore ad alta efficienza con produzione di acqua ad alta temperatura fino a 65°C.

Tali macchine saranno dedicate alla produzione acqua calda sanitaria ed avranno rendimenti COP secondo quanto previsto dal D.M. 26.06.2015 con condensazione ad aria.

Ad integrazione della produzione con pompe di calore ecologiche saranno previsti pannelli solari termici che garantiranno copertura del fabbisogno totale di energia per produzione acqua calda sanitaria pari almeno al 60% mediante fonti energetiche rinnovabili.

Il presente progetto risulta infatti incentrato alla massimizzazione delle prestazioni energetiche mediante tutte le tecnologie che attualmente in commercio permettano di raggiungere quanto possibile l'Off Grid.

A servizio di tali impianti verranno previsti abbondanti accumuli tecnologici che permetteranno di garantire lo sfruttamento del calore inerziale privilegiando l'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Saranno poi previste delle resistenze elettriche che, qualora vi sia la condizione di sovrapproduzione dell'impianto fotovoltaico, permetteranno di scaldare gli accumuli tecnologici massimizzando lo sfruttamento dei picchi nelle ore calde della giornata.

### 2.4.2 Acqua Fredda

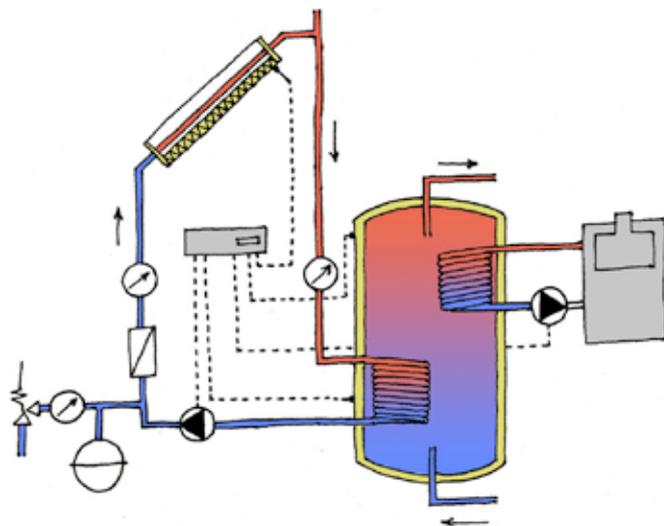
In conformità al decreto ministeriale del 24 dicembre 2015 (Criteri ambientali minimi), ma anche alle direttive concernenti il risparmio idrico si prevedono alcuni accorgimenti per limitare il più possibile il consumo di acqua potabile; in particolare in questa zona dove la siccità ed il problema idrico è particolarmente sostenuto.

#### 2.4.2.1 Rubinetteria elettronica

Nella rubinetteria convenzionale, quando ci si lava le mani, si apre un rubinetto all'inizio e non lo si chiude fino alla fine; in un rubinetto elettronico il flusso s'interrompe automaticamente ogni volta che si ritirano le mani dal lavandino.

Con i rubinetti elettronici il flusso e la temperatura sono pre-regolati, anche se l'utente può modificarli con il comando apposito. Come sistema di sicurezza, nel caso della presenza continua di un oggetto, il rubinetto si chiude automaticamente dopo circa 30 secondi.

Questo accorgimento porta risparmio idrico ed energetico legato alla riduzione del consumo d'acqua fino al 50% rispetto ad un sistema tradizionale. In particolare il risparmio idrico ed energetico è legato alla inibizione degli sprechi che spesso si verificano nei luoghi pubblici (il rubinetto può essere regolato in modo da ridurre fino al 70 per cento il consumo d'acqua).



Schema produzione acqua calda



Esempio rubinetteria elettronica

### 2.4.2.2 Miscelatori termostatici

I rubinetti termostatici possiedono un preselettore di temperatura che mantiene l'acqua alla temperatura selezionata in modo che, quando si chiude e si riapre il rubinetto, l'acqua mantiene la stessa temperatura. Questi rubinetti, utilizzati soprattutto nelle docce, consentono di risparmiare non soltanto acqua ma anche energia, dato che non viene consumata acqua al momento di regolare nuovamente la temperatura. Sono inoltre forniti di limitatori di flusso e diffusori. Si possono ottenere risparmi nel consumo d'acqua fino a un 50%.



**Esempio miscelatore termostatico**

### 2.4.2.3 Docce a basso consumo

Sono disponibili in commercio diverse alternative di soffioni per doccia che utilizzano lo stesso principio dei frangigetto e che permettono un risparmio idrico pari al 50%.

Per sfruttare l'acqua con maggior efficacia, viene miscelata con una massiccia quantità d'aria. Questa viene ampiamente aspirata dal disco del getto e mescolata vorticosamente al flusso d'acqua in uscita. Ogni litro d'acqua viene arricchito litri d'aria. Un limitatore di portata, speciali diffusori e l'aggiunta di aria consentono di ridurre il consumo idrico ad un massimo di 8-9 l/min –

mantenendo comunque elevato il confort della doccia. La presenza di comandi "risparmio" consentono riduzioni ulteriori. Questo consente anche di risparmiare energia, poiché cala la quantità d'acqua che occorre riscaldare. Sono applicabili direttamente dagli utenti, svitando il proprio soffione doccia ed avvitando al suo posto il nuovo soffione a basso consumo. La riduzione del consumo d'acqua è inferiore del 20-50% rispetto ad un sistema tradizionale.



**Esempio docce a basso consumo**

### 2.4.2.4 Limitatori di flusso

I limitatori di flusso sono dispositivi che permettono di regolare il flusso dell'acqua in funzione delle necessità e della pressione; alcune marche commerciali li chiamano anche "regolatori d'apertura". Si tratta di dispositivi meccanici che limitano il passaggio massimo dell'acqua; sono installati fra la chiave di chiusura e il rubinetto e il flessibile.

I modelli più moderni di rubinetteria lo inseriscono all'interno della cartuccia dove un blocco frena il movimento in senso verticale della leva in modo da aiutare l'utente ad azionare un minor quantità d'acqua, mantenendo comunque un flusso consistente. Superata la lieve resistenza della leva è possibile sfruttare la totalità della portata d'acqua.

E' possibile regolare i limitatori di flusso smontando la parte superiore e regolando con un cacciavite l'apertura secondo le necessità in funzione del tipo di rubinetto (lavandino, doccia, ecc.). Il risparmio d'acqua che si può ottenere dipenderà dalla modificazione del flusso, generalmente questi dispositivi permettono di modificare il flusso massimo fino a un 50%.



**Limitatori di flusso**

#### 2.4.2.5 Frangigetto/frangiflutto

Si tratta di dispositivi di regolazione che controllano il flusso di acqua in uscita dalle rubinetterie a prescindere dalla pressione della rete.

Spesso anche questo dispositivo è chiamato "limitatore di flusso" come il precedente, ma funziona diversamente: mentre il primo riduce la portata dell'acqua in ingresso al rubinetto o alla doccia, il frangigetto agisce in uscita dal rubinetto miscelando aria ed acqua con il risultato di avere un getto potente con molta meno acqua (sono, ad esempio, molto comodi in caso di bassa pressione dell'acqua). L'effetto di miscelazione acqua-aria produce un aumento di volume dell'acqua, in modo che, con un flusso minore, si ottengono lo stesso effetto e la stessa comodità. Sono i dispositivi più comuni, hanno una forma cilindrica e si collocano all'estremità del rubinetto. I sistemi di rubinetteria più moderni li hanno incorporati dalla fabbricazione. Il prezzo di questi dispositivi è basso (2-5 €) e si installano facilmente e consentono di ridurre il consumo d'acqua dal 30 al 70%, ma l'efficacia può variare notevolmente da un modello all'altro (in commercio si trovano diversi tipi che presentano prestazioni bene diverse in termini di riduzione dei consumi).



Esempio rubinetto con frangigetto/frangiflutto

#### 2.4.3 Raccolta Acque Meteoriche

In conformità a quanto riportato nel decreto ministeriale del 24 dicembre 2015 (Criteri Ambientali Minimi) è stata progettata un sistema di raccolta e riutilizzo acque meteoriche secondo la norma UNI/TS 11445 "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione" e la norma UNI EN 805 "Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici".

In particolare si è valutata la capacità pluviometrica di Palermo andando a fare una verifica sul tempo medio piovoso ed è stato dimensionato il seguente impianto:

In sintesi si è valutato di riutilizzare le acque meteoriche bianche e non inquinate in provenienza dalla raccolta dei tetti per una superficie coperta pari a circa 4000 mq. Si è fatta una rapida verifica sul fabbisogno acqua di servizio valutando il fabbisogno totale pari a circa 2.539.980 l/anno tra cassette WC e irrigazione aree verdi. Si è quindi valutato di installare n° 2 accumuli della capacità cadauno di circa 9.000 mc.

Questo sistema ha un payback piuttosto rapido visto che consente un risparmio d'acqua stimabile tra il 40- 50%.

#### 2.4.4 Impianto idrico antincendio

In conformità al DM 20 dicembre 2012 è stato previsto un impianto attivo di estinzione incendi. Il livello di protezione secondo UNI 10779 è stato identificato in Livello 1 ovvero 4 Naspi in funzione contemporanea e pressione residua non inferiore a 0,2 Mpa. Sarà quindi prevista una riserva idrica (Autonomia > 30 min) interrata ed apposito locale UNI 11292 con accesso esclusivo da esterno.

Da verificare in sede preliminare eventuale disponibilità di alimentazione per utilizzi antincendio direttamente da acquedotto.

#### Dimensionamento E DIN 1989-1; 2000-12

##### 1. Calcolo apporto acqua piovana VMC [l/h]

Aa=	3966	[mq]	Area netta
e=	0,7	[-]	Coefficiente deflusso
h <sub>n</sub> =	750	[mm/a]	Precipitazioni annue
n=	0,75	[-]	Efficienza filtro

**VMC=** 1561613 [l/anno]

##### 2. Fabbisogno acqua di servizio VFM [l/anno]

WC scuola	6	[l/g persona]
WC ufficio	12	[l/g persona]
Irrigazione giardino	60	[l/mq]

N°WC Scuola	56	[n°]
N°WC ufficio	23	[n°]
N°Irrigazione giardino	510	[mq]

**Fabbisogno totale=** 253980 [l/anno]

**Tempo Secco Medio=** 23,625 [-]

**Margine sic.=** 1,1 [%]

**Volume serbatoio=** 18150 [litri]

## 2.5 Stima economica dell'intervento

Sulla base delle proposte tecniche esposte nei capitoli precedenti, sono stati stimati i seguenti oneri per la realizzazione delle installazioni meccaniche:

### 2.5.1 Asilo

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

A corpo 297.450,00€

### 2.5.2 Scuole Medie

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

A corpo 380.000,00€

### 2.5.3 Scuole Elementari

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

A corpo 395.210,00€

### 2.5.4 Palestra

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

A corpo 172.290,00€

### 2.5.5 Auditorium

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

*A corpo* 155.720,00€

---

2.5.6 Mensa

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

*A corpo* 148.220,00€

---

2.5.7 Area polifunzionale

- Impianto di climatizzazione;
- Impianto idrico-sanitario e scarichi;
- Impianto idrico antincendio;
- Impianto ventilazione meccanica controllata;
- Centrale termofrigorifera;

*A corpo* 199.890,00€

---

2.5.8 Servizi aggiuntivi comuni

- Alloggio custode;
- Centrale pressurizzazione antincendio;
- Impianto recupero acque meteo;
- Impianto irrigazione;
- Centrale termofrigorifera;

*A corpo* 209.360,00€

---

**TOT. IMPORTO OPERE IMPIANTI TERMO-MECCANICI** **1.958.140, 00€**

## 3 Descrizione impianti elettrici

### 3.1 Classificazione dei luoghi e degli impianti

Gli impianti elettrici dell'edificio sono previsti con alimentazione da fornitura ENEL con sistema di II Categoria a 15kV tramite propria cabina di trasformazione MT/BT, mentre la distribuzione agli impianti di utilizzo interno sarà a 400/230V con sistema TN-S.

Punto di origine dell'impianto oggetto dell'intervento:

- Da cabina MT/BT esterna in apposito manufatto prefabbricato;
- Tensione nominale punto di consegna: 15kV-20kV
- Tensione nominale distribuzione interna: 3F+N 400/230V
- Potenza impegnata stimata: 250kWe
- Stato del neutro (sistema): TN-S

Essendo presenti impianti di produzione di energia elettrica dovranno essere rispettate le regole di connessione ENEL riportate nella CEI 0-16 III Edizione.

Per la classificazione dei luoghi e degli impianti elettrici sono state valutate le caratteristiche dei locali, delle apparecchiature e dei materiali presenti, del tipo di destinazione dei singoli ambienti ed infine del tipo di impianto di riscaldamento.

#### 3.1.1 Edifici Scolastici

Con riferimento al tipo di impiego ad uso edificio scolastico, l'attività è soggetta a normativa CEI specifica secondo le 64-8/7 allegato A, dove scuole di ogni ordine, grado e tipo, sono considerati "ambienti a maggior rischio in caso d'incendio".

In base alle definizioni di cui al DM 26/08/1992 e successive varianti ed integrazioni, la scuola è classificata di tipo 3 - scuole con numero di presenze contemporanee da 500 a 800 persone.

#### 3.1.2 Auditorium

Con riferimento al tipo di destinazione d'uso, tale ambiente è soggetta a normativa CEI specifica secondo le 64-8/7 allegato A, in quanto considerato "ambienti a maggior rischio in caso d'incendio".

La Sala polivalente, avendo una capienza prevista >

di 200 persone ed essendo aperta anche al pubblico extrascolastico, ai sensi del DM 19/08/1996 e successive varianti ed integrazioni viene classificata come locale di pubblico spettacolo.

#### 3.1.3 Palestra polifunzionale

Con riferimento al tipo di destinazione d'uso, tale ambiente è soggetta a normativa CEI specifica secondo le 64-8/7 allegato A, in quanto considerato "ambienti a maggior rischio in caso d'incendio".

**La palestra polifunzionale, avendo una capienza prevista > di 200 persone ed essendo aperta anche al pubblico extrascolastico, ai sensi del DM 18/03/1996 e successive varianti ed integrazioni viene classificata anche come Impianto Sportivo.**

## 3.2 Distribuzione principale

La distribuzione avrà origine dal quadro generale ubicato all'interno del manufatto destinato alla cabina MT/bt relativa alla fornitura di energia elettrica a servizio del complesso; l'ubicazione di tale manufatto è prevista sul fronte stradale del lato Ovest dell'insediamento, direttamente accessibile da strada pubblica, lontana da aree dove è prevista lo stazionamento di persone superiore alle 4h/gg, in conformità ai dettami del DPCM 08/07/2003 in merito ai limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici da elettrodotti e/o cabine di trasformazione.

All'interno del manufatto saranno alloggiate le apparecchiature MT relative al punto di consegna in conformità alle norme CEI 0-16 III Ed., assieme al trasformatore MT/bt da 400kVA; sempre all'interno del manufatto sarà previsto un quadro generale da cui avrà origine tutta la distribuzione dell'impianto, dei sotto quadri di piano / zona e dei centralini di stanza per la gestione dei circuiti terminali.

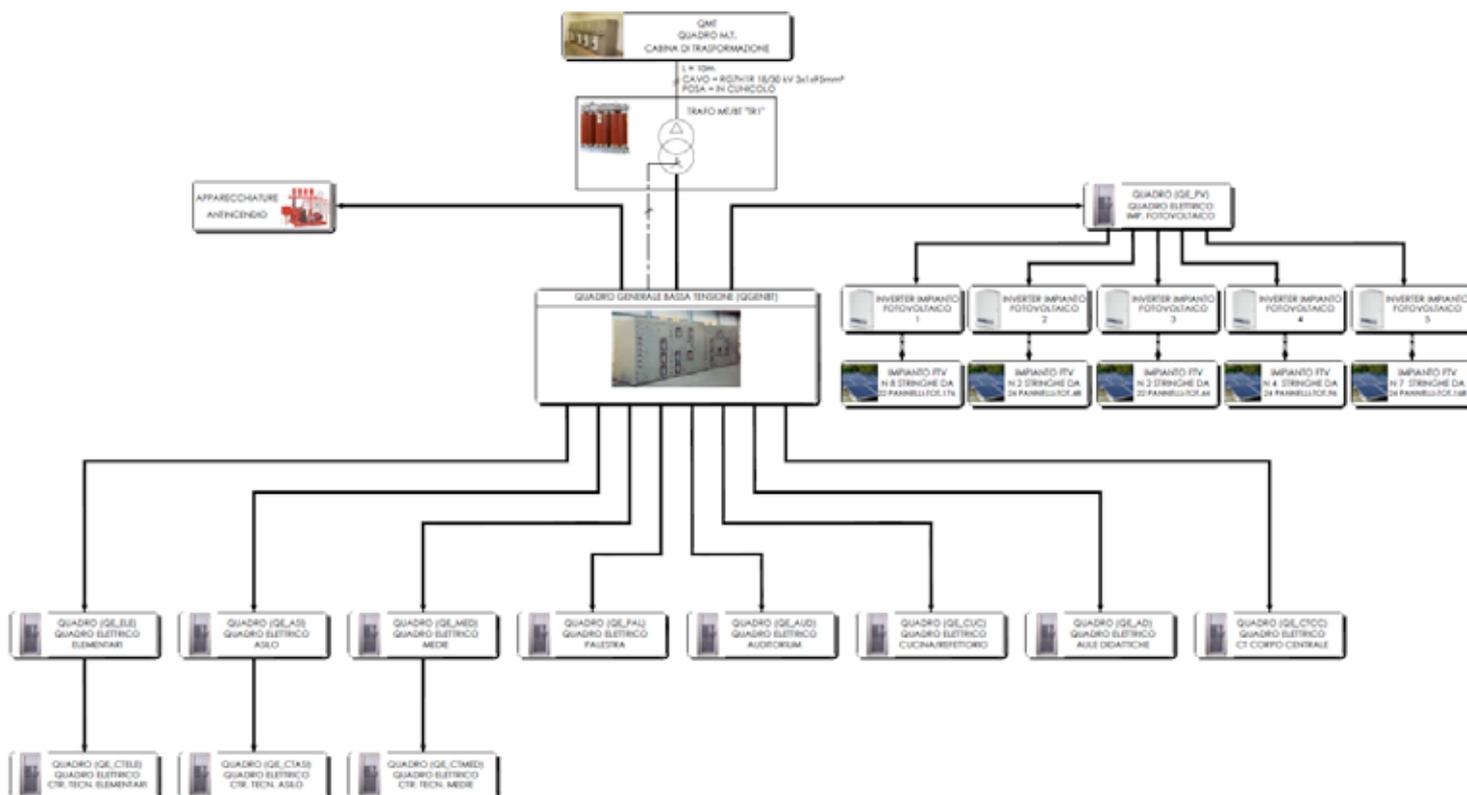
Nello schema a blocchi in allegato, è stata evidenziata l'architettura dell'impianto pensata per rendere la gestione del complesso scolastico il più flessibile possibile, in modo che anche eventuali utilizzi separati possano essere monitorati ed eventualmente mantenuti senza avere disservizi al resto dell'attività.

Si è ritenuto opportuno predisporre un'alimentazione

dedicata ad ogni "contenitore", ciascuno dotato del proprio quadro generale di zona a cui fanno capo anche i relativi sottoservizi tecnologici; tutta la rete elettrica verrà sottoposta ad un monitoraggio dei consumi suddivisi per ogni edificio, compresa la sorgente di produzione fotovoltaica, i quali faranno capo al sistema BMS di edificio al fine di consentirne una corretta e costante verifica per l'eliminazione dei consumi "parassati", ovvero tutti quelli causati da una scorretta modalità di gestione dei vari sistemi, soprattutto quello di climatizzazione.

Tutta la distribuzione principale sarà realizzata in vie cavo separate per sez. energia e correnti deboli, sia se in polifora interrata oppure se in passerelle o canalette transitanti all'interno dei controsoffitti; per quanto possibile si cercherà di realizzare la distribuzione primaria secondo criteri in grado di salvaguardare sia l'estetica dell'edificio, ma anche la facilità di manutenzione degli impianti.

Tutta la distribuzione terminale sarà realizzata in derivazione dalla distribuzione primaria con apposite cassette di derivazione dedicate per impianto e corrugati flessibili prevalentemente ad incasso od in tubo a vista dove necessario; tutti i cavi da utilizzare saranno di tipo CPR a doppio isolamento tipo FG16OM16 e in cordina FS17 per la distribuzione terminale entro corrugato flessibile, mentre le linee posate nella distribuzione esterna interrata potranno essere realizzate in cavo FG716OR16.



Schema generale impianto elettrico

## 3.3 Impianti Luce e FM

### 3.3.1 Impianto prese FM 3.3.1.1 AULE

Tutte le prese dovranno essere di tipo con alveoli protetti e gli impianti dovranno comprendere n.2 postazioni lavoro e una scatola portafrutti a servizio del cablaggio strutturato;

All'interno di ogni aula dovrà essere installata una presa in prossimità della porta d'ingresso ed una in prossimità della lavagna assieme ad un punto rete dedicato per la predisposizione della L.I.M.

#### 3.3.1.2 UFFICI

Saranno previste delle prese per posti lavoro e una scatola portafrutti a servizio del cablaggio strutturato.

Tutta la distribuzione sarà di tipo da incasso derivata dalla cassetta dedicate del locale, con corrugati dedicati e cordina FS17. Tutte le prese saranno alimentate dal quadro di zona

#### 3.3.1.3 LABORATORI

Saranno previste delle prese per posti lavoro a parete e/o a pavimento incassate o da esterno.

Tutta la distribuzione sarà di tipo da incasso derivata dalla cassetta dedicate del locale, con corrugati dedicati e cordina FS17. Tutte le prese saranno alimentate dal quadro del locale (QLAB).

Nei locali tecnici, o comunque dove indicato dalle tavole di progetto, l'impianto sarà realizzato in esecuzione da esterno tramite tubazioni PVC, conseguendo un grado di protezione minimo IP55.

### 3.3.2 Illuminazione di servizio

Gli impianti di illuminazione generale dovranno essere derivati dai rispettivi quadri di zona e/o di piano o di locale.

Le linee dorsali di distribuzione dell'impianto di illuminazione dei corridoi dovranno essere realizzate con cavi FG16(O)M16 posati su vie cavi predisposte.

La gestione dell'illuminazione DI ALCUNI LOCALI sarà affidata ad un sistema KNX/DALI in grado di programmare diverse scene di luce in modo da garantire la massima flessibilità in relazione a come si vorrà utilizzare l'ambiente in questione, secondo moderni criteri di ottimizzazione dei consumi energetici.

Nei locali tecnici e all'interno dei depositi l'impianto sarà realizzato in esecuzione da esterno tramite tubazioni PVC, conseguendo un grado di protezione minimo IP55.

### 3.3.3 Impianto di illuminazione di sicurezza

#### 3.3.3.1 SCUOLA

Tutte le lampade dovranno avere le caratteristiche previste dal D.M. 26 Agosto 1992 e garantire un illuminazione di sicurezza, compresa quella indicante i passaggi, le uscite ed i percorsi delle vie di esodo non inferiore a 5 lux.

Tale sistema avrà autonomia di 1h saranno di cl. II e la ricarica avverrà entro 12h come richiesto dalla normativa.

#### 3.3.3.2 AUDITORIUM - SALA POLIVALENTE

In conformità al D.M. 19/8/1996 (regola tecnica per i locali di pubblico spettacolo), sarà previsto un impianto

di illuminazione di sicurezza in grado di assicurare un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux ad un metro di altezza dal piano di calpestio lungo le vie di uscita, e non inferiore a 2 lux negli altri ambienti accessibili al pubblico.

Sarà previsto un soccorritore centralizzato con aut. 1h e ricarica completa entro 12 ore, che alimenterà una parte degli apparecchi illuminanti utilizzati per l'illuminazione ordinaria.

#### NOTE

L'impianto di illuminazione di sicurezza dovrà attivarsi automaticamente in condizione di black-out (mancanza di alimentazione dalla rete ENEL oppure nel caso di un disservizio parziale dell'impianto).

#### 3.3.3.3 PALESTRA – PALAZZETTO SPORT

In conformità al D.M. 18/03/1996 (regola tecnica per gli edifici sportivi), sarà previsto un impianto di illuminazione di sicurezza in grado di assicurare un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux ad un metro di altezza dal piano di calpestio lungo le vie di uscita, e non inferiore a 2 lux negli altri ambienti accessibili al pubblico.

Sarà previsto un soccorritore centralizzato con aut. 1h e ricarica completa entro 12 ore, che alimenterà una parte degli apparecchi illuminanti utilizzati per l'illuminazione ordinaria.

#### NOTE

L'impianto di illuminazione di sicurezza dovrà attivarsi automaticamente in condizione di black-out (mancanza di alimentazione dalla rete ENEL oppure nel caso di un disservizio parziale dell'impianto).

#### 3.3.4 Impianto di terra ed equipotenziale

L'impianto di terra sarà unico per tutto l'insediamento e coordinato con il valore della corrente di guasto a terra indicata dal distributore; nella redazione del progetto definitivo verrà fatta anche una valutazione del rischio da fulminazione e qualora si rendesse necessario, verranno adottati tutti i provvedimenti a salvaguardia delle persone e della struttura, come la realizzazione di sistemi di protezione LPS e l'eventuale integrazione di SPD sui circuiti principali.

Verranno realizzati tutti i collegamenti di protezione ed equipotenziali sulle masse metalliche dell'edificio, attraverso il collegamento ai collettori di terra previsti all'interno dei singoli quadri principali; tutti i conduttori equipotenziali dovranno essere connessi alle tubazioni metalliche con apposite fascette di serraggio munite di morsetto di collegamento.

#### 3.3.5 Note comuni

Nelle pareti in cartongesso dovranno essere utilizzate apposite scatole con fissaggio tramite viti e alette

metalliche, in materiale termoplastico autoestinguente, protezione meccanica contro gli urti IK10, prove di resistenza al calore anormale al fuoco effettuate tramite termopressione con biglia a 70°C e glow wire test a 850°C.

### 3.4 Apparecchi di illuminazione

L'illuminazione ordinaria delle aule e degli uffici è prevista con lampade a LED, previste per essere integrate nel controsoffitto oppure a sospensione / plafone con ottica a bassa luminanza, antiriflesso e reattori dimmerabili DALI.

L'illuminazione ordinaria nei bagni, è prevista con lampade LED e cablaggio elettronico da incasso nel controsoffitto.

Per il rispetto dei CAM dovranno essere utilizzati apparecchi con resa cromatica  $\geq 90$ .

L'impianto di illuminazione ordinaria è stato dimensionato considerando i parametri indicati dalla Norma UNI EN 12464-1 del 2011 indicata nel capitolato prestazionale e qui di seguito riportati:

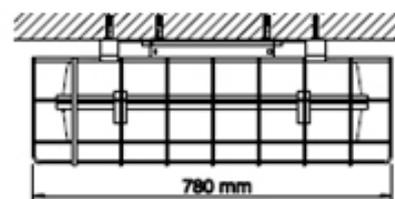
TIPO DI LOCALE	ILLUMINAMENTO MEDIO MANTENUTO (lx)	CLASSE UNIFICATA DEGLI ABBAGLIAMENTI (UGRL)	GRUPPO DI RESA DEL COLORE (Ra)	Uniformità (U0)
Aree di circolazione e scale	100	25	90	0,4
Sale Docenti - Uffici	300/500	19	90	0,6
Mensa	200	22	90	0,4
Cucina	500	22	90	0,4
Aule	500	19	90	0,6
Laboratori – Sale lettura	300/500	19	90	0,6
Sala Polivalente	500	19	80	0,6
Palestra - Palazzetto	300 / 500	22	80	0,6

Nei locali AULE saranno previsti apparecchi illuminanti da incasso e/o a sospensione con illuminazione diretta / indiretta.



Studio illuminazione aule

Nella palestra saranno previsti apparecchi a led a plafone con griglia di protezione.



Esempio lampada LED palestra

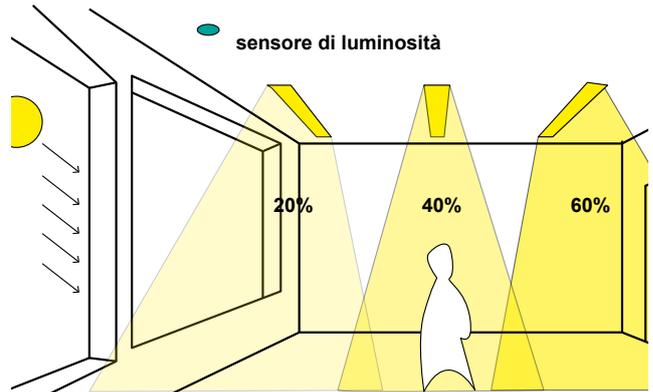
Nell'auditorium saranno previsti apparecchi illuminanti a LED lineari incassati nel controsoffitto



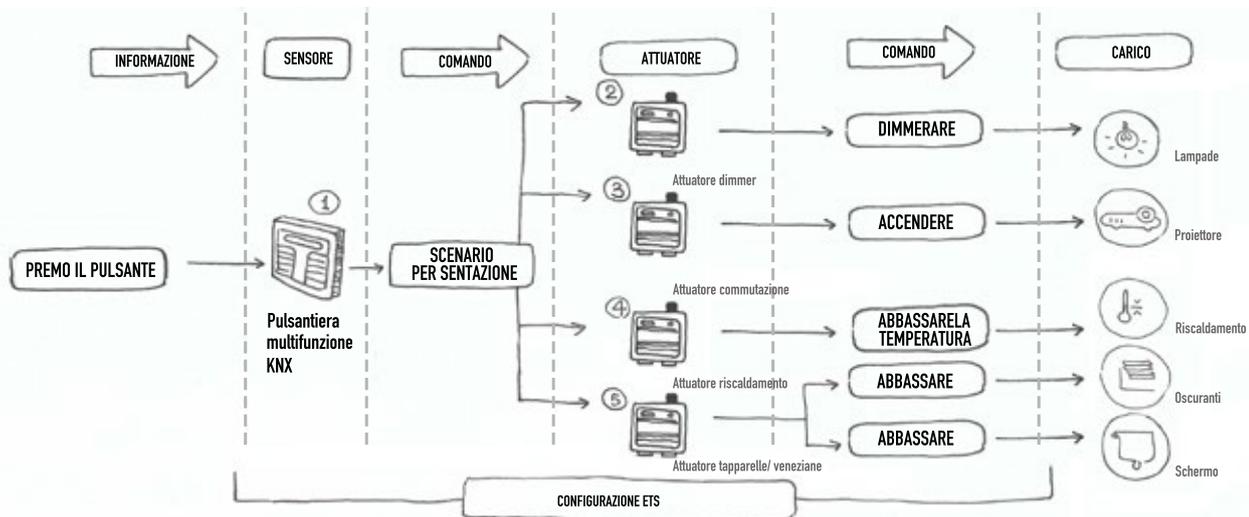
Studio illuminazione auditorium

**In tutti i locali la gestione della luce artificiale sarà realizzata mediante sensori di presenza con regolatore di luminosità costante installati a soffitto in modo da rilevare sia la presenza delle persone per comandare l'accensione, sia il livello di illuminamento presente (lux);** tramite Bus KNX saranno trasmesse le informazioni al sistema BMS il quale provvederà a "regolare" tramite bus DALI i singoli apparecchi illuminanti dei locali occupati, attivando l'accensione e dimmerando il flusso luminoso delle lampade in relazione al valore impostato, sfruttando così anche il contributo degli apporti luminosi naturali provenienti dall'esterno. Nel caso si voglia by-passare tale regolazione nei locali indicati saranno presenti anche n.1/2 pulsanti (Pannello Ambiente) collegati all'impianto Knx che accendono l'illuminazione del locale.

Le accensioni dei locali saranno gestite da apposito pannello multifunzione con display collegato al sistema BMS generale da prevedere all'ingresso del locale . Grazie al sistema KNX, dal pannello ambiente sarà possibile anche preimpostare degli appositi scenari di configurazione , visto che una delle potenzialità del KNX è rappresentata dalla gestione di funzioni preimpostate, consentendo così una corretta integrazione e gestione di tutti gli impianti tecnologici, ad esempio dimmerare le luci al 50% e abbassare le tapparelle/ veneziane, attivare il condizionamento o parzializzarlo.



Sensori per la regolazione dell'illuminazione



### 3.5 Impianto trasmissione dati/ telefonia

L'impianto rete dati da realizzare è previsto utilizzando un sistema del tipo a cablaggio strutturato in categoria 6, facente capo al quadro TP/TD posto all'interno del locale tecnico, contenente i pannelli di permutazione per la distribuzione delle prese RJ45 delle postazioni di lavoro e le apparecchiature citotelefoniche. Nelle AULE saranno previste n.2 prese RJ45 cat.6 predisposte per la cattedra e per **una eventuale lavagna elettronica multimediale L.I.M.**

Per le postazioni lavoro degli uffici è prevista la posa di n.2 conduttori di cui uno relativo alla presa dati, uno per la presa telefonica; i cavi si dovranno attestare direttamente sulle prese tipo RJ45 idonee al servizio in categoria 6.

Per le postazioni lavoro dei laboratori saranno previste n. prese RJ45 cat.6

**Nei corridoi saranno previste prese dati a servizio di access-point Wi-Fi per garantire il segnale dati wireless per tutto l'edificio.**

Tutta la distribuzione del sistema TD/TP verrà alloggiata nello scomparto dedicato alle correnti deboli all'interno delle vie cavo della distribuzione principale, mentre le derivazioni terminali saranno realizzate con corrugati dedicati incassati a parete e/o pavimento.

### 3.6 Impianti di chiamata

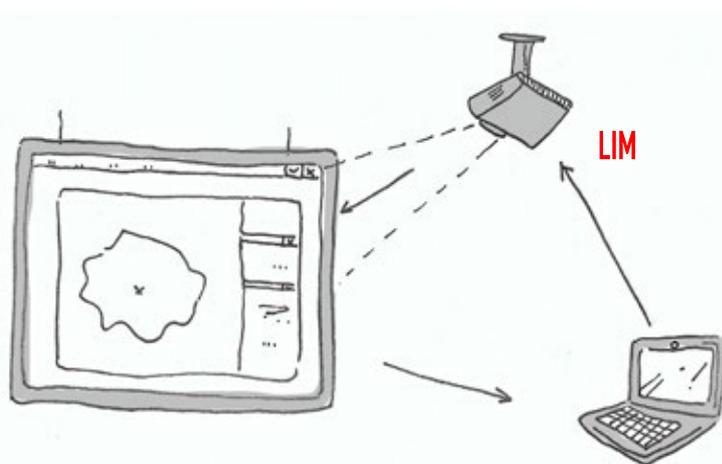
A supporto del regolare svolgimento dell'attività didattica, si propone l'installazione di un impianto di chiamata dedicato al personale ATA, completo di punti di chiamata a pulsante dislocati all'interno di ogni aula ed eventuali altri ambienti da stabilire assieme alla direzione didattica in sede di progettazione della struttura.

**I pulsanti di chiamata saranno collegati direttamente al sistema BMS in modo da avvisare il personale ATA da qualsiasi PC e/o Tablet-smartphone e dal Touch panel posto in reception.**

Assieme al sistema di chiamata, si prevede l'installazione di un sistema sonoro per la gestione degli orari delle lezioni; trattandosi di un edificio scolastico classificato di tipo 3, tale sistema sarà integrato assieme all'impianto EVAC per la gestione delle emergenze e per la diffusione dei messaggi sonori di servizio, utilizzando i diffusori acustici per la segnalazione del fine/inizio lezione tramite suoneria dedicata, differenziato da quello per la gestione del segnale di evacuazione che verrà effettuato tramite messaggio preregistrato.

### 3.7 Sezionamento di emergenza degli impianti

Nell'edificio in argomento, trattandosi di attività specifica soggetta a controllo da parte di VVF, si è previsto un sezionamento generale di emergenza di tutti gli impianti



**Schema funzionamento sistema LIM**

elettrici che interessano l'intera attività, ad esclusione del sistema d'illuminazione di sicurezza, il quale sarà gestito attraverso apparecchi autoalimentati o con sistema centralizzato i quali continueranno a funzionare anche in caso di sezionamento generale.

Il sezionamento di emergenza è previsto tramite l'intervento della bobina a lancio di corrente che equipaggerà l'interruttore generale installato in corrispondenza del punto di consegna dell'energia, azionata tramite pulsante sotto vetro frangibile corredato di segnalazione luminosa di efficienza del circuito di sgancio, da installare in prossimità dell'ingresso principale.

Saranno previsti i seguenti Pulsanti di sgancio, organizzati per ogni singola attività:

- Sgancio Edificio Scuola Materna
- Sgancio Edificio Scuola Elementare
- Sgancio Edificio Scuola Media
- Sgancio Sala Polivalente – Auditorium
- Sgancio Palestra – Palazzetto polifunzionale;
- Sgancio Impianti Tecnologici blocco servizi;
- Sgancio FTV

In prossimità del manufatto del punto di consegna in posizione adeguatamente protetta dai vandalismi, verrà predisposto anche un pulsante di sgancio generale che interverrà direttamente sul dispositivo generale sul lato MT disattivando in unica soluzione tutto l'impianto elettrico del complesso.

## 3.8 Sistemi di sicurezza antincendio

### 3.8.1 Criteri generali dei sistemi di sicurezza

Il complesso scolastico è composto da una serie di edifici che di fatto costituiscono una serie di attività soggette alle verifiche di prevenzione incendi secondo i dettami del Dpr 151/2011 ovvero l'attività Principale n.67/C "Scuole di ogni ordine e grado superiore alle 300 presenze contemporanee, attività secondaria 65/C Sala Polivalente con disponibilità di oltre 200 posti ed attività secondaria 65/C relativa alla Palestra polifunzionale aperta anche al pubblico in caso di eventi sportivi di interesse.

La concomitanza di tali attività, unitamente alla presenza massima ipotizzabile di persone all'interno della struttura scolastica (oltre 500 alunni), di fatto creano le condizioni per la realizzazione di un sistema di Safety Antincendio che consenta una corretta ed immediata gestione della localizzazione dell'innescio di possibili incendi, agevolando e rendendo più rapide possibili le operazioni di evacuazione degli occupanti.

Basandoci su questi requisiti che riteniamo assolutamente fondamentali, proponiamo la realizzazione di un sistema automatico di rivelazione incendi e di un sistema di diffusione sonora per la gestione dei messaggi di evacuazione, utilizzabile anche per la messaggistica di servizio e per la gestione dell'attività didattica come già evidenziato in precedenza.

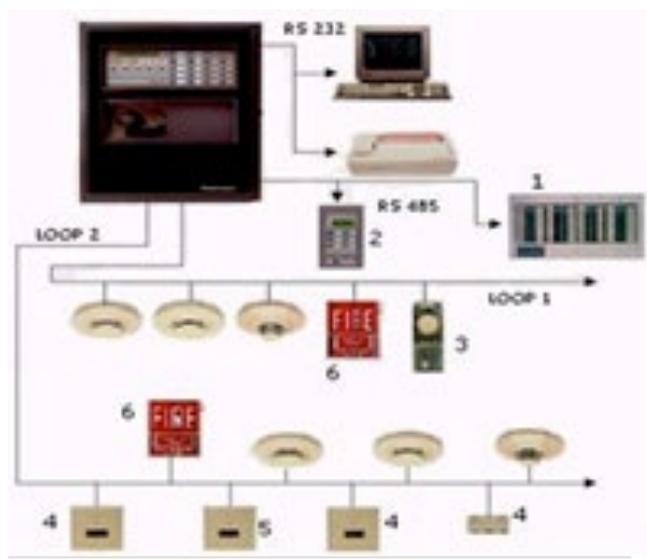
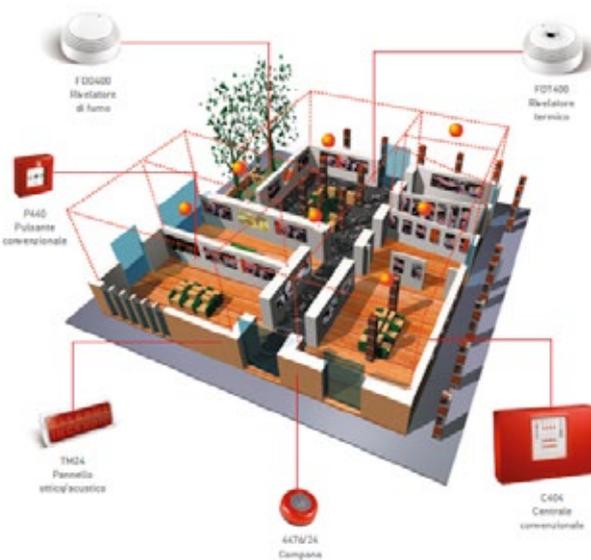
### 3.8.2 Impianto rivelazione incendi

Nei locali in cui verrà dichiarato un carico d'incendio  $>30\text{kg/m}^2$  sarà previsto un impianto di rivelazione incendi; tale impianto sarà esteso anche ai locali dotati di attrezzature come locali tecnici, alcune aule, laboratori, sala polivalente ed all'interno della palestra polifunzionale.

Il sistema previsto per la sorveglianza attiva antincendio è del tipo fisso con funzionamento automatico di rivelazione incendi ed è stato dimensionato prefiggendosi di rilevare e segnalare un possibile incendio nel minor tempo possibile, recependo il segnale attraverso una centrale di gestione ad "indirizzamento", dotata di sistema di visualizzazione con display a cristalli liquidi e testo in chiaro personalizzato completo di segnalazione acustica. Nell'insieme il sistema è in grado di ottimizzare il tempestivo sfollamento delle persone.

Per la progettazione, l'installazione, il collaudo e la manutenzione degli impianti di rivelazione automatica degli incendi si fa quindi di fatto riferimento alla Norma UNI 9795-2013, dal titolo "Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione manuale d'incendio". Questa ha lo scopo di fornire i criteri per la realizzazione e l'esercizio dei sistemi fissi automatici di rivelazione di incendio.

Il dimensionamento del sistema di rivelazione incendi sarà sviluppato in sede di progettazione definitiva; in ogni caso la protezione degli ambienti verrà attuata con l'applicazione di rivelatori ottici di fumo in quei locali ritenuti a rischio e meritevoli di sorveglianza continua,



tenuto conto della presenza di significativi carichi d'incendio ( $>30\text{kg/m}^2$ ) ed in base a quanto indicato dalla normativa UNI 9795.

Sulla stessa linea di rivelazione saranno previsti anche i pulsanti manuali di segnalazione, questo perché gli stessi sono del tipo ad indirizzamento e quindi univocamente identificabili dalle centrali di controllo e segnalazione.

I sistemi fissi di segnalazione manuale di incendio (pulsanti) saranno previsti in quantità e modalità tale che almeno uno possa essere raggiunto, da ogni punto, con un percorso non maggiore di 30 metri; i pulsanti troveranno posto in prossimità delle vie di fuga e verranno installati in posizione chiaramente visibile e facilmente accessibile, ad un'altezza compresa tra 1 e 1,4 m, del tipo protetto contro l'azionamento accidentale, danni meccanici e la corrosione.

Il sistema di rivelazione previsto sarà dotato di “due fonti” di alimentazione di energia elettrica, primaria e secondaria, ciascuna delle quali è in grado di assicurare da sola il corretto funzionamento dell'intero sistema per la corretta e sicura gestione dell'edificio. L'alimentazione primaria è derivata dal quadro elettrico di zona, mentre l'alimentazione secondaria sarà costituita dalle batterie interne alla centrale e dall'alimentatore supplementare, dotato anch'esso di batterie interne; il sistema sarà in grado di assicurare il corretto funzionamento dell'intero impianto ininterrottamente per almeno 24h, nonché il contemporaneo funzionamento dei segnalatori di allarme interno ed esterno per almeno 30 minuti a partire dall'emissione degli allarmi stessi (UNI 9795 - 5.6.4.1).

I cavi di collegamento che realizzeranno il loop saranno di tipo twistato resistente al fuoco PH30 colore rosso (CEI 20-105/V1) sezione 2x1.0 mm<sup>2</sup>; saranno invece

del tipo twistato resistente al fuoco PH30 colore rosso (CEI 20-105/V1) sezione 2x2.5 mm<sup>2</sup> le linee a 24V.

La centrale rivelazione incendi troverà posto all'interno del presidio del personale ATA nel blocco centrale, al fine di consentirne il costante monitoraggio; l'impianto avrà la possibilità tramite programmazione di avere almeno due soglie di intervento preallarme ed allarme per ciascuna delle aree sorvegliate.

La diffusione degli allarmi nell'ambito dell'intero complesso scolastico verrà realizzato attraverso il sistema audio EVAC utilizzando messaggi preregistrati, mentre all'interno di ambienti in cui è plausibile la presenza di audiolesi non accompagnati oppure all'interno di ogni aula di musica, agli altoparlanti verranno affiancati anche dei sistemi PAE di tipo ottico.



### 3.8.3 Impianto AUDIO EVAC

L'impianto audio EVAC sarà previsto nell'intero insediamento scolastico, compreso la sala polivalente e la palestra polifunzionale; dovrà soddisfare i requisiti di base della norma CEI-EN 60849/UNI ISO 7240-19 conforme alle norme tecniche EN54, del tipo controllato da microprocessore ed in grado di ospitare più stazioni di chiamata indipendenti oltre a consentire la gestione diretta di almeno 6 doppie linee (A+B) distinte a servizio di altrettanti zone.

La centrale del sistema audio avrà doppia alimentazione, di cui preferenziale tramite batterie interne, in modo da assicurare che, nell'eventualità di una caduta di rete elettrica, la funzionalità di chiamata e di diffusione del segnale di allarme sia sempre garantita.

Il sistema sarà in grado di ospitare diversi moduli funzione che consentiranno di soddisfare in modo preciso le esigenze particolari, quali ad esempio la gestione degli orari delle lezioni tipiche di una attività didattica, attraverso un generatore di segnale acustico (campanella, gong, ecc) incorporato.

Le stazioni di chiamata dovranno consentire all'operatore di immettere un messaggio parlato per

mezzo del microfono a condensatore oltre a controllare l'istradamento delle chiamate; una tastiera numerica posta sulla postazione di chiamata della reception consentirà di scegliere fra le diverse zone di altoparlanti, mentre con un unico tasto potrà essere attivata una chiamata generale. Quattro tasti funzione consentiranno la programmazione delle tonalità di allarme e di richiamo, i messaggi registrati, le priorità, l'istradamento verso le varie zone di altoparlanti, l'attivazione dei relè di controllo ed il controllo del volume sonoro.

Oltre alla postazione di chiamata i messaggi potranno essere emessi da un modulo a voce sintetizzata, attivabile da allarmi provenienti dalle centrali di rivelazione incendi (ad es. un contatto di relè per ogni piano riportato in ingresso alla centrale di diffusione sonora) o dall'operatore mediante i tasti programmabili di cui è dotata la tastiera della stazione di chiamata.

Il comando di attivazione del sistema di allarme evacuazione dovrà essere ubicato in un luogo continuamente presidiato, tipicamente il locale di presidio del personale ATA.

Il sistema di diffusione sonora, tipicamente dovrà assolvere i seguenti compiti principali:

- diffusione di comunicazioni di servizio dai posti annunciatore lungo gli spazi comuni (corridoi, attese, ecc.);
- predisposizione per la diffusione di musica di sottofondo attraverso la possibile integrazione di sorgenti sonore nella centrale audio (tipicamente lettore CD o di file MP3);
- diffusione comunicazioni di carattere generale o di emergenza attraverso messaggi preregistrati con attivazione automatica dall'esterno (collegamento con rivelazione incendi) oppure da una postazione dedicata direttamente dal sistema principale;
- effettuare una diagnostica di controllo dell'intero sistema, compreso le linee altoparlanti.

La distribuzione del sistema audio EVAC dovrà essere realizzata con cavo di colore Viola resistente al fuoco secondo CEI EN 50200, EN50235-2-1, EN 50268-2 , EN 50267-2-1, posato nello scomparto destinato alle correnti deboli delle vie cavo principali.

### **3.8.4 Criteri di gestione sistemi sicurezza antincendio**

In caso di allarme sia esso automatico (rivelatore incendio) o manuale (tramite pulsante color rosso), la centrale dovrà generare una segnalazione locale che interesserà sia gli avvisatori interni all'impianto centralizzato ed il sistema di supervisione.

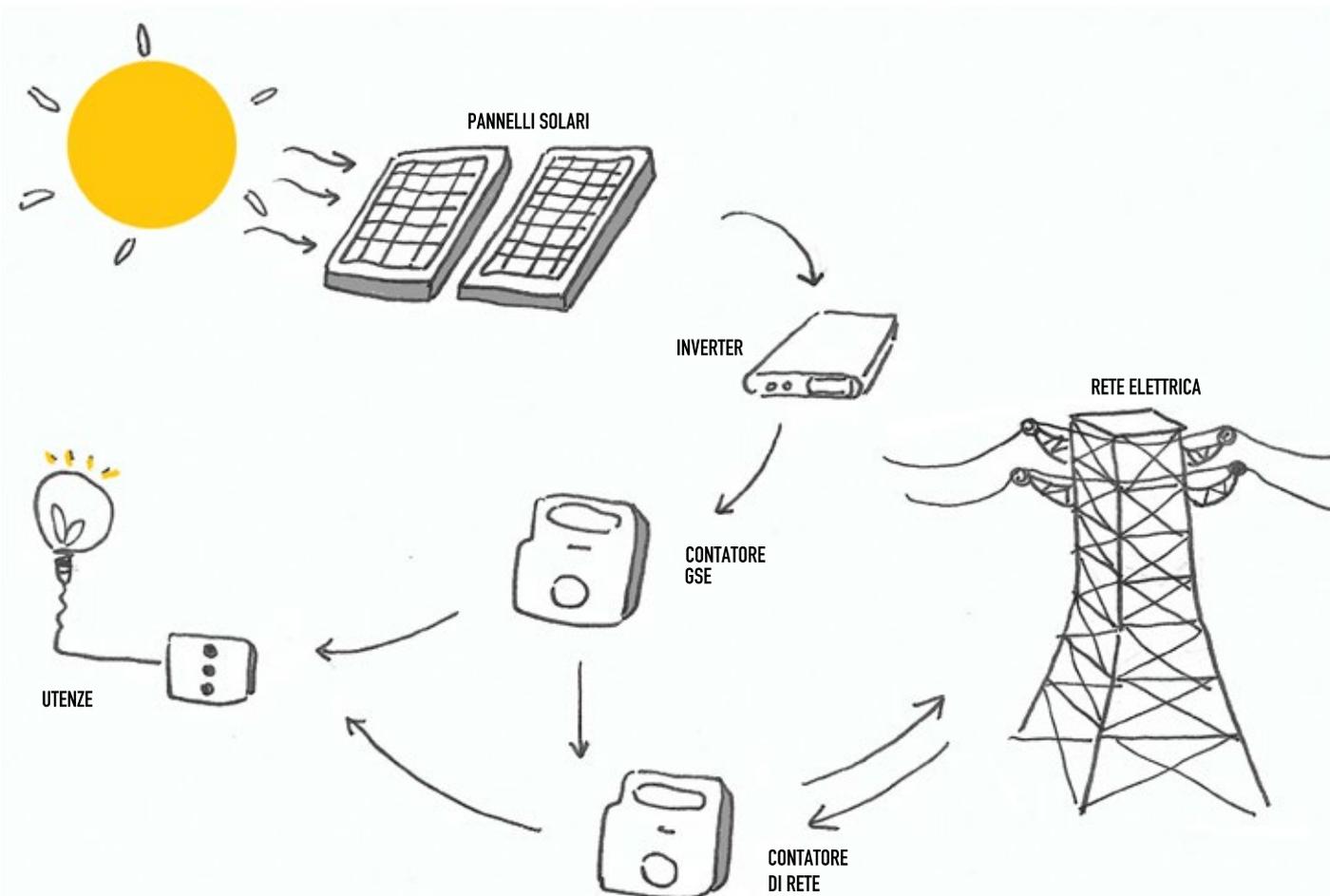
La segnalazione dovrà rimanere attiva per un tempo prefissato (T1 \*\*) trascorso il quale, nel caso in cui non ci sia stata la presa in carico da parte di un operatore, l'allarme verrà inviato al sistema di EVAC come segnale di preallerta.

Nel caso di intervento da parte dell'operatore durante la temporizzazione T1 e di conseguente presa in carico, verrà attivata una seconda temporizzazione (T2 \*\*) per la verifica della situazione di pericolo e la tacitazione definitiva dell'allarme.

Se la situazione di pericolo non dovesse essere resettata durante il tempo T2, verranno comandate automaticamente tutte le procedure di emergenza, compreso l'attivazione del messaggio di evacuazione generale tramite il sistema audio di seguito descritto.

L'attivazione della sequenza delle procedure di emergenza, avviene anche nel caso in cui dovesse insorgere un secondo allarme incendio all'interno di altro ambiente, con conseguente annullamento del ritardo ed attivazione immediata della segnalazione locale di allarme ed a seguire quella di sfollamento; in caso di reset la situazione risulterà in ogni caso memorizzata.

In ogni caso tutta la gestione del sistema di sicurezza antincendio, dovrà essere armonizzato assieme alle procedure di gestione del piano di emergenza redatto dal responsabile del servizio di prevenzione e protezione dell'insediamento.



### 3.9 Impianto Fotovoltaico e Eolico

Sulla base di quanto disposto dal Dlgs n.28 del 03/03/2011 e successive varianti ed integrazioni derivanti dalla normativa regionale, volendo approcciare un intervento edilizio di tipo N-ZEV, occorre realizzare contestualmente un impianto di produzione energia elettrica da fonte rinnovabile, dimensionato secondo i criteri di cui all'allegato II del suddetto decreto; sulla base delle valutazioni fatte ai fini del conseguimento della **classe energetica A4+**, si propone la realizzazione di n.5 impianti sulla copertura degli edifici del plesso centrale e della scuola secondaria per complessivi **159.6kWp**.

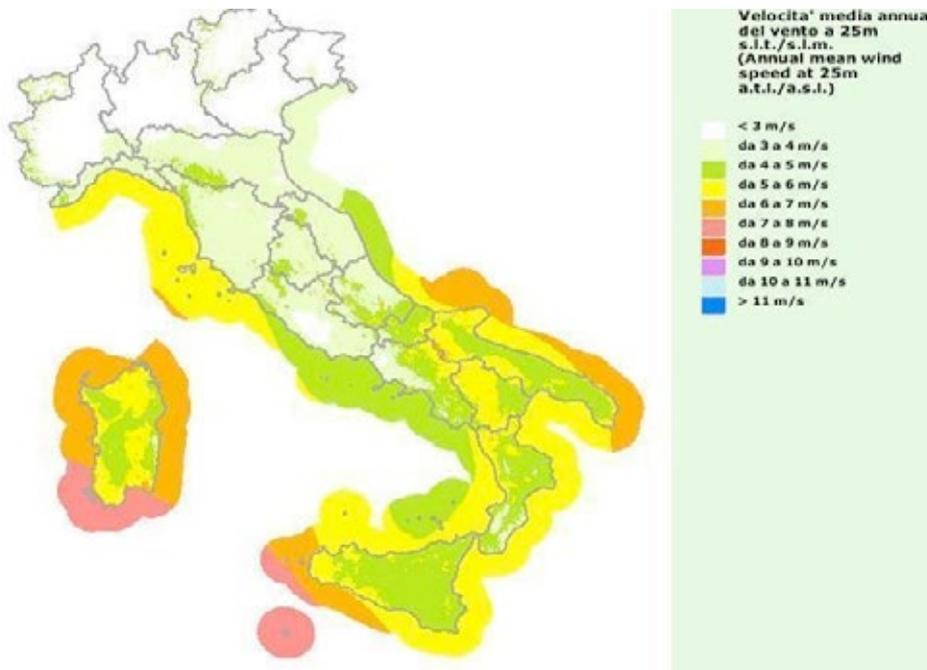
Saranno utilizzati pannelli del tipo mono/policristallino di ultima generazione ad altissimo rendimento di conversione ( $\eta \geq 17,5\%$ ) supportati da una struttura, al fine di realizzare un'installazione dotata di un minimo di inclinazione rispetto alla falda di copertura per massimizzarne la produzione anche nel periodo invernale, cercando di integrarne l'installazione all'interno della sagoma dell'edificio al fine di salvaguardare anche l'impostazione estetica della struttura.

Ciascun impianto avrà uno o più inverter dimensionati in base al numero dei pannelli previsti, installati all'esterno dell'edificio in zone accessibili per assicurare la corretta manutenzione e allo stesso tempo compatibili con l'estetica dei prospetti; a tal proposito verranno studiate tutte le soluzioni che consentano la perfetta integrazione dell'impianto con la proposta architettonica.

Vista la tipicità dell'attività svolta nella struttura, si prevede una piena utilizzazione dell'energia prodotta attraverso l'autoconsumo in sito, al fine di ottimizzarne anche i costi di gestione; in ogni caso con l'ausilio dello strumento dello scambio sul posto, si prevede il pieno sfruttamento della risorsa fotovoltaica senza dover predisporre costosi sistemi di accumulo.

Vista la disponibilità del sito ed in relazione alle caratteristiche ambientali, si propone inoltre, l'integrazione di **n.4 turbine eoliche da 1KW** da installare sulla sommità degli edifici oppure su palo da 6mt, al fine di assicurare un contributo da fonte rinnovabile anche durante il periodo notturno, al fine di coprire i consumi residui durante i periodi di inattività dell'edificio scolastico.

Sulla base delle dotazioni previste di impianti produzione da fonti rinnovabili, tenendo conto della peculiarità della zona d'installazione con un'ottima esposizione solare ed una presenza di venti dominanti abbastanza costante, ci si attende una produzione di energia elettrica di circa **250.000kWh/anno**, in grado di ricoprire integralmente il fabbisogno per le attività scolastiche ed extrascolastiche (illuminazione, FM servizi, speciali, ecc) valutati in 132.800kWh/anno e gran parte dei consumi energetici derivanti dalla climatizzazione estiva ed invernale stimati in 155.800kWh/anno, per una copertura complessiva stimata di oltre il **86% del fabbisogno elettrico complessivo**.



### Rotor

<i>Darrieus rotor type</i>	3-blades
<i>Power output at wind speed 10 m/s</i>	410W
<i>Power output at wind speed 14 m/s</i>	1000W
<i>Cut-in wind speed</i>	3 m/s
<i>Cut-off wind speed</i>	15 m/s
<i>Diameter x height</i>	1,45 m x 1,45 m
<i>Sweep area</i>	2,10 m <sup>2</sup>
<i>Rotor weight (alternator included)</i>	65 Kg
<i>Braking system</i>	passive
<i>Max revolution speed</i>	415 rpm
<i>Acoustic pressure 1 pA from 4 mt</i>	57 dB(A)
<i>Acoustic power LWA</i>	72 dB(A)

In base ai recenti orientamenti del mercato energetico italiano, a seguito della nascita di società ed imprese specializzate nella creazione di interventi di efficientamento energetico ovvero le cosiddette E.S.Co (Energy Service Company), attraverso un particolare strumento di finanziamento denominato EPC (Energy Performance Contract), è possibile realizzare interventi tesi al miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici senza dover impegnare direttamente risorse economiche da parte della Committenza, ma semplicemente sottoscrivendo un apposito contratto con la società ESCo, la quale provvederà alla realizzazione dell'intervento con risorse finanziarie proprie o di terzi, demandando alla Committente il pagamento di un canone che verrà opportunamente definito in base

all'effettiva performance di efficientamento ed in base ai consumi previsti, garantendo alla ESCo un ritorno economico in base ai risparmi conseguiti attraverso l'impiego di sistemi energetici alternativi rispetto alle fonti tradizionali.

Qualora la stazione appaltante non dovesse disporre di risorse sufficienti alla realizzazione dei sistemi di produzione fotovoltaica ed eolica, si potrà quindi ricorrere all'utilizzo dello strumento EPC per la realizzazione dell'impianto di produzione, il quale opererà in modalità SEU con l'utenza della scuola, corrispondendo così alla ESCO il solo costo dei consumi energetici come se fosse un normale fornitore di energia elettrica.

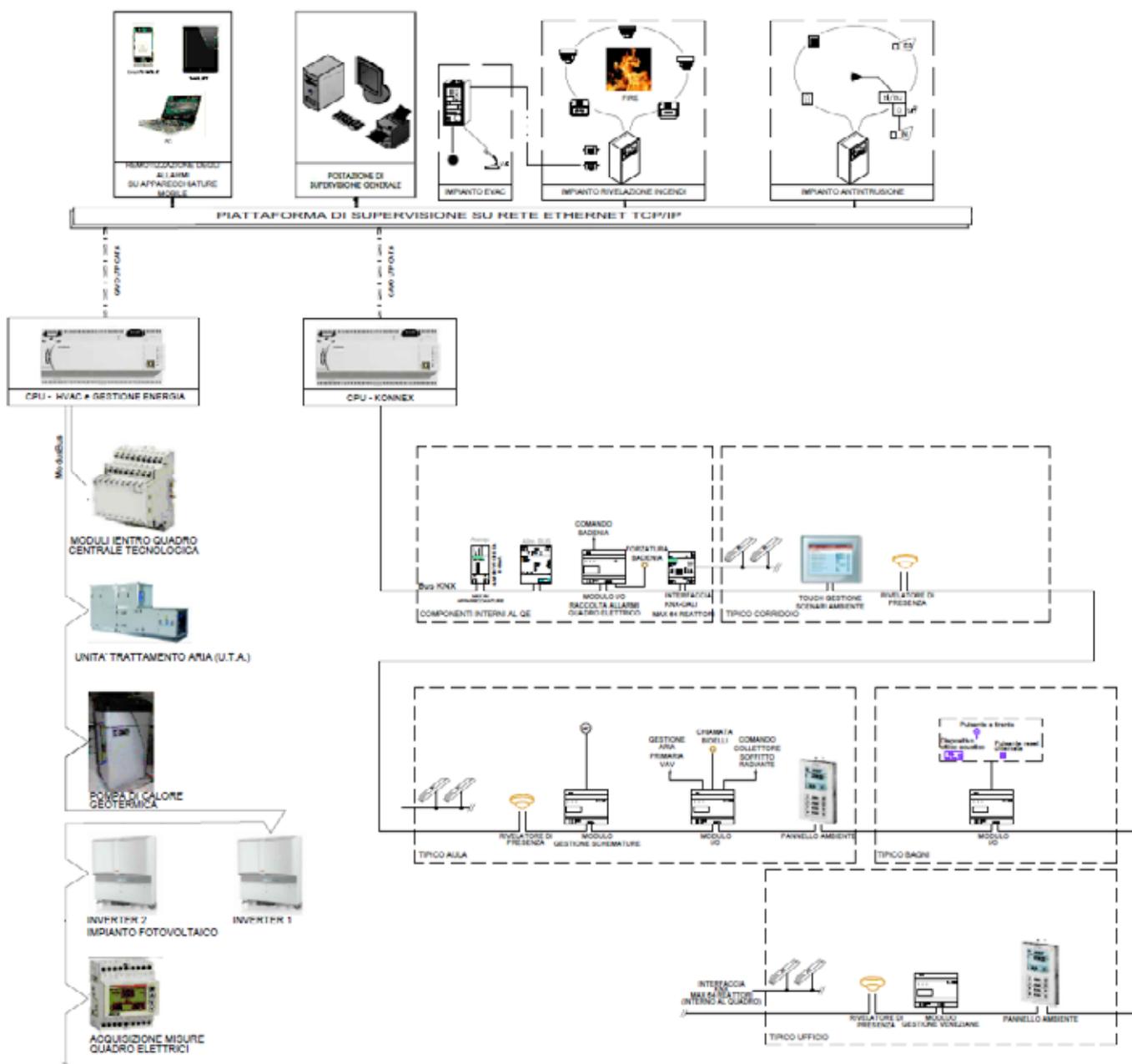
### 3.10 Sistema BMS

In base a quanto indicato anche dal **Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici**, l'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un sistema di automazione BACS conforme alle norme EN 15232 almeno di livello "B", ovvero in grado di operare una serie di controlli e regolazioni sui principali elementi energivori degli impianti tecnologici, o che possono influenzare i consumi energetici dell'edificio tra cui:

- Sistema di ventilazione meccanizzato;
- Sistema d'illuminazione;
- Sistema di produzione dei fluidi vettori;
- Sistema di oscuramento delle finestre

Il sistema BMS dovrà agire sia sulle singole regolazioni attraverso la modifica dei set- point in base ai parametri ambientali rilevati, sia sulle modalità operative degli impianti tramite la gestione delle fasce orarie oppure in base al grado di occupazione degli ambienti. Il livello di automazione garantito per tale edificio raggiunge la classificazione "A" secondo UNI 15232.

#### ARCHITETTURA



### 3.11 Stima economica dell'intervento

Sulla base delle proposte tecniche esposte nei capitoli precedenti, sono stati stimati i seguenti oneri per la realizzazione delle installazioni elettriche ed impianti speciali:

#### 3.11.1 Cabina elettrica punto di consegna:

- Manufatto prefabbricato dim. 8,2x2,8x3,0 composto da tre ambienti;
- Armadio MT per ricezione fornitura a 15kV – 12,5kA;
- Trasformatore in resina da 400kVA con barre di ventilazione e box di contenimento;
- Quadro generale di BT distribuzione primaria;
- Accessori di cabina ed impianti di servizio;

A corpo 50.000€

#### 3.11.2 Distribuzione primaria insediamento:

- Sistema dispersore di terra;
- Polifere e vie cavi in canale a vista;
- Condutture di distribuzione;
- Quadri di distribuzione di zona (n.6 quadri di edificio);

A corpo 150.000€

#### 3.11.3 Impianto illuminazione e FM di servizio:

- Distribuzione secondaria e condutture terminali d'impianto;
- Apparecchi illuminanti ordinari e di sicurezza;
- Allaccio punti terminali utenze tecnologiche;
- Allaccio punti terminali di servizio (prese) e punti di comando;
- Centralini di stanza (n.1 ogni aula);
- Soccorritore centralizzato per illuminazione soccorso;

A corpo 350.000€

#### 3.11.4 Sistemi di Safety antincendio:

- Centrale rivelazione incendi ad indirizzamento;
- Centrale audio EVAC con postazioni microfoniche;
- Elementi in campo per rivelazione incendi (sensori, pulsanti, targhe, ecc)
- Elementi in campo per sistema diffusione sonora (proiettori);
- Condutture di distribuzione;

A corpo 80.000€

#### 3.11.5 Sistemi informatici e TLC:

- Armadio rack centrostella + armadi rack locali di area;
- Apparecchi attivi (Switch, Access-point, Router);
- Distribuzione primaria in fibra ottica;

- Distribuzione terminale in rame UTP cat.6a;
- Punti rete con prese terminali UTP cat. 6a;

*A corpo* 50.000€

---

**3.11.6 Impianto produzione fotovoltaica ed eolica da 163,6kWp:**

- Pannelli in silicio mono/policristallino con struttura;
- Miniturbine Eoliche montate su palo h=6mt
- Inverter di conversione;
- Quadri di stringa e quadri di parallelo inverter;
- Condotture di collegamento;
- Attivazioni e collaudi funzionali;

*A corpo* 245.000€

---

**3.11.7 Sistema automazione di edificio BMS:**

- Postazione di controllo centralizzata con monitor grafico;
- Periferiche di zona (HW + SW di gestione);
- Sistema di monitoraggio dei consumi e/o produzione energia;
- Allaccio elementi in campo impianti tecnologici (sonde, valvole, attuatori, ecc)
- Allaccio elementi in campo impianti luce (lampade DALI – sensori KNX);
- Attivazioni e collaudi funzionali;

*A corpo* 95.000€

---

**TOTALE IMPORTO OPERE IMPIANTI ELETTRICI** **1.020.000€**

Sulla base della stima prodotta, si riscontra un'incidenza di circa 212,60€/mq relativamente al costo di costruzione degli impianti elettrici e speciali, valore questo ampiamente in linea con i dati del mercato per queste tipologie di lavori e con le dotazioni previste dall'appalto.

# Appendice A - Posizionamento locali tecnici

