



E.R.S.U. CATANIA

Via Etnea, 570 - 95128 - CATANIA (CT)

pec: protocollo@pec.ersucatania.it

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

OGGETTO: Progetto di riqualificazione energetica e funzionale, rifacimento prospetti e miglioramento sismico residenza universitaria centro.

I PROGETTISTI

Ing. RIDOLFO Carmelo
Ing. MOLLICA Rosario E.
Ing. CHINNICI Luca G.
Ing. BECCARIA Cesare

N. ELAB.

RL.02

SCALA

-

ELABORATO

Relazione preliminare sulle prestazioni energetiche e sugli impianti

REVISIONI

N.	Modifiche rispetto alla revisione precedente	Data
1	Aggiornamento degli elaborati tecnico-economici al D.Lgs 36/2023 e al Prezzario Unico Regione Sicilia 2024	04/2024

DATA

Catania, Aprile 2024

Il Responsabile Unico del Procedimento

Dott. MURATORE Salvatore

Sommario

1. Premessa	1
2. Isolamento superfici opache verticali e orizzontali	1
3. Serramenti	5
4. Schermature solari	8
5. Impianto di riscaldamento.....	9
5.2 Stato di fatto	9
5.2 Stato di progetto.....	14
6. Impianto produzione di ACS	21
6.2 Stato di fatto	21
7.2 Stato di progetto.....	22
7. Risparmio di risorse idriche	24
8. Impianto di illuminazione ed rifacimento impianti elettrici.....	24
9. Impianto BMS (Building Management Systems).....	26
10. Impianto fotovoltaico	28
11. Conclusioni	33

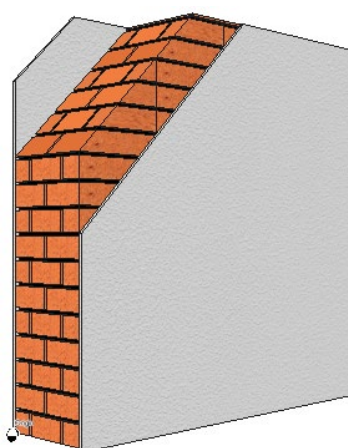
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA

1. Premessa

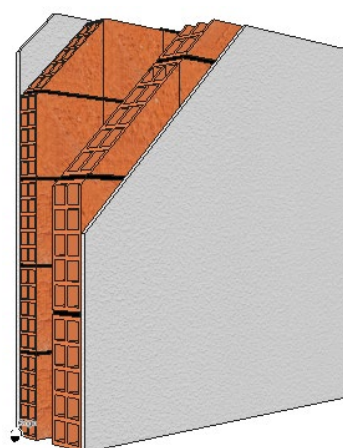
A completamento della relazione generale viene redatta la presente relazione tecnica specialistica degli interventi che descrive le tipologie e le soluzioni puntuali di progetto e le caratteristiche funzionali dei componenti costruttivi. Si descrivono di seguito le lavorazioni qualitativamente previste nell'intervento progettuale dal punto di vista del contenimento dei consumi energetici e del rifacimento degli impianti sia meccanici che elettrici.

2. Isolamento superfici opache verticali e orizzontali

Come già ampiamente descritto nella relazione generale la residenza universitaria Centro, sita in via Guglielmo Oberdan n. 174 – Catania, è costituita da due corpi di fabbrica realizzati in epoche differenti. Il primo, realizzato agli inizi degli anni 50' del secolo scorso, ha una struttura portante in muratura ed è costituito da cinque elevazioni fuori terra mentre il secondo fabbricato, progettato nel 1962, ha una struttura portante intelaiata in calcestruzzo armato costituita da sette elevazioni fuori terra e da un piano seminterrato con chiusure esterne in laterizio forato. In particolare in fase di progettazione sono state considerate le seguenti stratigrafie per gli elementi edilizi che delimitano il volume riscaldato dell'immobile:



Stratigrafia "Ala vecchia"



Stratigrafia "Ala nuova"

I valori di trasmittanza calcolati risultano rispettivamente 0.88 e 1.054 W/m²K abbondantemente al di sopra ai valori limite prescritti dalla Legge. Per tal motivo risulta indispensabile la coibentazione delle superfici opache verticali con l'applicazione di un sistema di isolamento termico "a cappotto" su tutti i prospetti

dell'edificio. Tale intervento oltre ad avere un importante impatto dal punto di vista del bilancio energetico del sistema edificio-impianto migliora sensibilmente il decoro architettonico dell'immobile.



Prospetto su Via Verona – Ala Vecchia



Prospetto su Via Oberdan – Ala Vecchia



Prospetto su Via Oberdan – Ala Nuova



Prospetto su cortile interno – Ala Nuova



Estratto 3D da Google Earth da via Oberdan



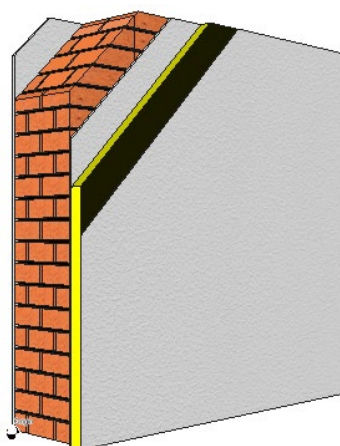
Estratto 3D da Google Earth su cortile interno

Il sistema di isolamento a cappotto dovrà essere certificato secondo i Criteri Minimi Ambientali e sarà applicato solo dopo una specifica ed appropriata preparazione del supporto da valutarsi con attenta ispezione per scongiurare la presenza di parti in distacco che andranno rimosse e ricostruite. In particolare, si prevede l'applicazione di pannelli isolanti in polistirene espanso sinterizzato (EPS) additivato con grafite, a norma UNI EN ISO 13163 per uno **spessore di 10 cm**.

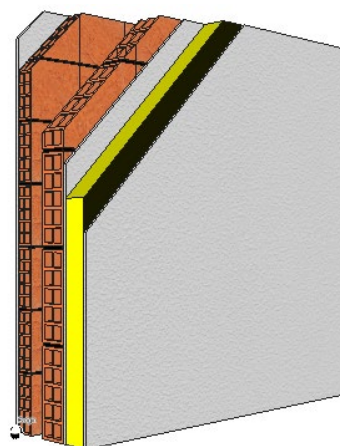


Esempio di cappotto termico

L'ancoraggio dei pannelli alle superfici di facciata (posati in orizzontale partendo dal basso e con le fughe verticali sfalsate), verrà realizzato mediante stesura di malta adesiva a base di resine sintetiche, per cordoli lungo il perimetro della lastra e per punti centrali assicurando una corretta adesione perimetrale del pannello isolante al supporto e buona planarità. Il fissaggio avviene a mezzo di appositi tasselli ad espansione. Prima della rasatura dei pannelli isolanti si prevedono, in corrispondenza di tutti gli spigoli, i paraspigoli a protezione di tutto il sistema ed eventuali altri profili accessori tramite stesura del collante sui pannelli. I pannelli isolanti saranno rivestiti in opera con malta rasante in cui verrà annegata, sulla malta ancora fresca, la rete in tessuto di fibra di vetro. Il sistema verrà completato con una successiva rasatura a completo essiccamento del primo strato di malta a completa copertura della rete. La realizzazione delle sigillature si dovrà eseguire con apposito sigillante poliuretanico sovra verniciabile a copertura delle guarnizioni elastiche precedentemente posate per la compensazione dei movimenti di ritiro e dilatazione. Eventuali altri componenti accessori funzionali e/o decorativi sono in relazione alla complessità di progetto. **Le trasmittanze delle tamponature esterne nello stato di progetto risultano essere pari a 0.228 e 0.239 W/m²K** al di sotto del limite imposto dalla Legge per le zone climatiche B. Di seguito si riportano le stratigrafie post operam.



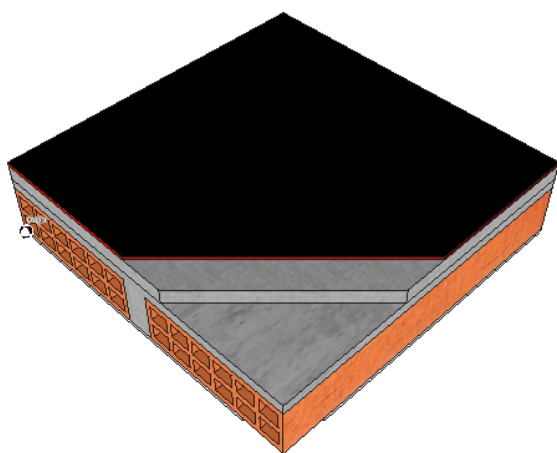
Stratigrafia post operam "Ala vecchia"



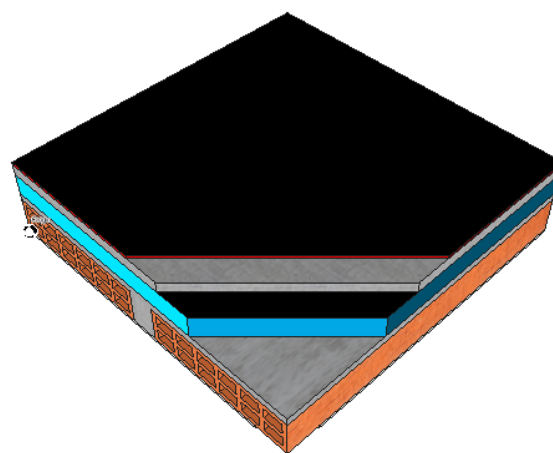
Stratigrafia post operam "Ala nuova"

Contestualmente alla coibentazione delle strutture opache verticali l'intervento di isolamento termico della struttura prevede anche l'applicazione di uno strato di XPS di **spessore pari a 12 cm** sulle terrazze con successiva impermeabilizzazione e pavimentazione delle stesse. L'isolante inoltre dovrà avere adeguate caratteristiche meccaniche di resistenza alla compressione in modo da poter sfruttare tali spazi a cielo aperto per la collocazione di macchine termiche e impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Le trasmittanze delle coperture esterne nello stato di progetto risultano essere pari a $0.248 \text{ W/m}^2\text{K}$ al di sotto del limite imposto dalla Legge per le zone climatiche B. Di seguito si riportano le stratigrafie post operam.



Stratigrafia copertura piana Ante Operam



Stratigrafia copertura piana Post Operam

Benefici ambientali dell'intervento



<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	<i>130.113</i>
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	<i>26,74</i>

3. Serramenti

Il progetto prevede che gli attuali serramenti in alluminio anodizzato, vengano sostituiti con dei nuovi in alluminio a taglio termico e vetrocamera con gas basso emissivo aventi le medesime dimensioni degli esistenti in quanto da collocare all'interno degli attuali vani finestre delle murature perimetrali. Si precisa che vista la contestuale coiberazione delle facciate si è scelto l'installazione di un serramento del tipo in monoblocco con controtelaio, cassonetto e avvolgibile coibentati in modo da ridurre la trasmittanza lineica dei ponti termici associati a queste tipologie di strutture.



Serramenti Ante operam



Serramenti Ante operam – Ala Nuova



Esempio di monoblocco coibentato



Esempio di serramento esterno a ridotta trasmittanza termica

Le caratteristiche tecniche che dovranno avere i nuovi infissi sono le seguenti:

- **Materiali:** lega d'alluminio EN AW 6060 sotto forma di profilati estrusi come indicato dalla disposizione normativa EN 755-3. Stato di fornitura in classe T5 e T6 secondo norma UNI EN 515. Tolleranze dimensionali conformi alla UNI EN 12020-2;
- **Profilati:** estrusi in lega leggera EN AW-6060 (UNI EN 573-3) anodizzabili e verniciabili.
- **Sistema di tenuta:** con guarnizioni termoplastiche o in spugna rivestita, a palloncino o spazzolini in polipropilene con pinna in tessuto;
- **Sistema di isolamento termico telai:** realizzato con due file di distanziali in poliammide a forma tubolare;
- **Sistema di isolamento termico ante:** realizzato con distanziali in poliammide;
- **Profondità telaio:** 65 - 75 mm;
- **Fissaggio vetri:** con fermavetri lisci o a vetro ad infilare;
- **Protezione superficiale:** effettuata mediante ossidazione anodica con classe di spessore >15 micron come da norma UNI 4522/00, oppure mediante verniciatura a polveri poliesteri termoindurenti e polimerizzate in forno nel rispetto delle procedure di qualità "Qualicoat" e delle disposizioni UNI EN 12206-1;
- **Resistenza della finitura:** la finitura superficiale non deve subire corrosioni o alterazioni di aspetto per un periodo di tempo adeguato alla vita del manufatto. Le caratteristiche sufficienti per assicurarne il comportamento in funzione del tipo di ambiente sono specificate dalle norme UNI 10681 per l'ossidazione e UNI EN 12206-1 per la verniciatura;
- **Sicurezza:** al fine di non causare danni fisici o lesioni agli utenti, i serramenti devono essere concepiti secondo le prescrizioni della normativa in materia di sicurezza D.Lgs. 81/2008 e UNI 7697-07;
- **Caratteristiche della vetratura:** la scelta della vetratura deve essere effettuata secondo criteri prestazionali per rispondere ai requisiti di risparmio energetico, isolamento acustico, controllo della radiazione solare, sicurezza. Riferimento norme: UNI EN ISO 10140-2, UNI EN 12488, UNI EN 572-1, UNI EN 12758, UNI EN 12150-1, UNI 11463 DM 2 Aprile 1998, Legge 90/2013 e DMSE 26/06/2015 (requisiti minimi);
- **Guarnizioni:** rispondenti alle norme di riferimento UNI 3952, UNI EN 12365-1 /4;
- **Sigillanti:** devono corrispondere a quanto prescritto dalle norme di riferimento UNI EN ISO 11600. Tali materiali non devono corrodere le parti in alluminio e sue leghe con cui vengono a contatto, pertanto dovranno essere neutri;
- **Accessori:** rispondenti ai criteri indicati nelle norme UNI EN 13126-1/19 e alle disposizioni normative in materia di sicurezza DL 81/2008.
- **Prestazioni:** rispondenti ai requisiti della norma UNI EN 12207, UNI EN 12208, UNI EN 1221;
- **Resistenza meccanica:** Il sistema e gli accessori dovrenno essere resistenti alle sollecitazioni d'uso secondo i limiti stabiliti dalle norme UNI EN 12365-1 e UNI EN 13126- 1/19;

- **Permeabilità all'aria:** Classe 4;
- **Tenuta all'acqua:** Classe E1500;
- **Resistenza al vento:** Classe B4;
- **Trasmittanza termica complessiva massima:** $U_w < 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ secondo UNI EN ISO 10077-2;
- **Trasmittanza vetro:** $U_g < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ EN 673;
- **Fattore solare:** $< 0,35$ secondo EN 410;
- **Trasmissione luminosa:** $> 0,65$ (vetro selettivo);
- **Trattamento:** basso emissivo con gas argon;
- **Potere fonoisolante:** $R_w = 48 \text{ dB}$ secondo ISO 10140-3;
- **Vetrata isolante:** tipo vetro camera 4+4-0.38pvb – 15 argon 90% - 4+4-0.38pvb basso emissivo formata da doppia lastra di vetro, intercapedine con gas argon e doppia lastra di vetro; compreso antisfondamento costituito da pellicole di polivinilbutirrale interposte fra le lastre
- **Vetri antisfondamento:** 2B2 secondo EN 12600 sia per il vetro interno che per il vetro esterno;
- **Guide** acciaio inox AISI 316;
- Alluminio e barrette prodotti da materiale rigenerato, nel rispetto dei **Criteri Minimi Ambientali**;
- **Norma di prodotto UNI EN 14351:** La norma UNI EN 14351-1 Parte 1 "Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali di finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo" è il riferimento normativo italiano per la marcatura CE dei serramenti trasparenti. Tale normativa specifica che il valore di trasmittanza termica della finestra comprensiva di infisso può essere ricavato o mediante prova di laboratorio o mediante calcolo semplificato secondo UNI EN ISO 10077-1 o ancora mediante calcolo agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10077-2 in combinazione con il calcolo semplificato.
- **Marcatura CE:** Dal 1° Febbraio 2009 solo serramenti con marcatura CE, possono essere immessi legalmente sul mercato. Sono tenuti alla marcatura CE tutti i costruttori di serramenti indipendentemente dalle dimensioni dell'azienda e dalle quantità prodotte. Per le finestre e le porte esterne pedonali è previsto il Sistema di Attestazione di Conformità 3, che prevede che il produttore rilasci una dichiarazione di conformità del proprio prodotto ai requisiti stabiliti dalla norma dopo aver eseguito:
 - le prove iniziali di tipo presso un laboratorio "notificato";
 - un controllo di produzione effettuato in azienda dall'imprenditore sotto la propria responsabilità.

Per quanto riguarda il primo punto il produttore deve essere in possesso di un rapporto di prova emesso da un laboratorio che sia stato abilitato dal Ministero competente a svolgere le prove in funzione del prodotto in esame. Per quanto riguarda il secondo punto il produttore deve dare evidenza del reale controllo effettuato sulla produzione.

In conformità alla UNI EN 14351-1, le prove possono essere raggruppate per tipologie per caratteristica selezionata; queste prove devono essere eseguite all'inizio della produzione o all'inizio di un nuovo metodo di produzione. La Linea Guida M regola il rapporto tra i serramentisti e gammisti in maniera tale da consentire l'utilizzo dei test.

Benefici ambientali dell'intervento



<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	<i>34.158</i>
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	<i>7,02</i>

4. Schermature solari

Al fine di ridurre gli apporti solari entranti dalle superfici tecniche trasparenti durante la stagione estiva, contestualmente alla sostituzione dei serramenti esistenti verranno installate, nei locali adibiti ad alloggi e a sale studio/lettura e per tutta la dimensione del foro finestra, delle schermature solari esterne aventi le seguenti caratteristiche:

- **Guida superiore:** profilo a forma di U in acciaio laminato a freddo, zincato e con bordatura da entrambi i lati;
- **Albero quadrangolare per azionamento:** in alluminio con esagono interno per l'alloggiamento diretto sul motore;
- **Spiaggiale:** profilo in alluminio estruso; verniciato a polvere. Finitura laterale con calotte finali in plastica.
- **Lamelle:** leggermente bombate in alluminio senza occhielli in lega speciale altamente flessibile, resistente a pressoflessione, graffi e urti. Larghezza lamelle 45-50 mm, spessore lamelle ca. 0,24-0,26 mm. Le lamelle sono tenute a distanza regolare da cordoncini;
- **Guida lamelle:** le guide a corda sono fissate con ancoraggi a molla per compensare variazioni termiche di lunghezza nella guida superiore e scorrono tra le punzonature nella lamella attraverso lo spiaggia e sono fissate tramite l'elemento di fissaggio, il cavo dovrà essere in acciaio rivestito in poliammide;
- **Azionamento a motore:** Il sollevamento e la discesa del telo e la regolazione delle lamelle devono avvenire tramite un motore elettrico 230 V AC, 50 Hz, IP 54 con ingranaggio planetario flangiato, silenzioso, inserito in modo non visibile, dotato di interruttore di fine corsa e interruttore per la protezione termica integrati contro il sovraccarico.

L'installazione di tali dispositivi ha un duplice effetto: ridurre sensibilmente il carico frigorifero dell'immobile e migliorare il confort visivo degli occupanti grazie anche a un miglior sfruttamento dell'illuminamento naturale. Entrambi i benefici suddetti concorrono ad incrementare l'efficienza energetica dell'edificio e a ridurre conseguentemente l'utilizzo di energia primaria per i servizi di raffrescamento ed illuminazione ambientale.



Esempio di schermatura solare esterna in alluminio

Benefici ambientali dell'intervento



<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	<i>97.312</i>
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	<i>20,00</i>

5. Impianto di riscaldamento

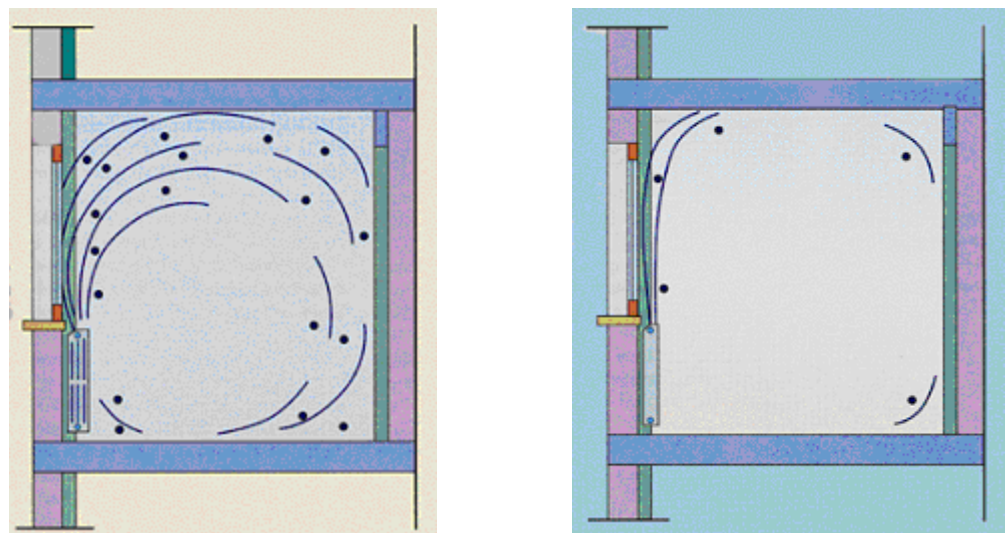
5.2 Stato di fatto

L'impianto di riscaldamento attualmente a servizio dell'edificio è composto dai seguenti sottosistemi:

- **Sottosistema di emissione:** radiatori in ghisa dalle vetuste condizioni non dotati di alcun sistema di regolazione (ad esempio valvole termostatiche). I limiti di questi sistemi di emissione del calore sono i seguenti:
 - **Insalubrità dell'aria ambiente:** Il riscaldamento a radiatori emette calore per convezione (circa l'80%) e per radiazione (il restante 20%). Il radiatore raggiunge il suo massimo rendimento per temperature dell'acqua calda di alimentazione tra 70 e 80 °C. A questi valori

si produce il massimo effetto convettivo, ossia i moti d'aria si innescano e si mantengono nelle condizioni migliori per produrre il trasferimento del calore dal radiatore verso l'ambiente. Ma essi producono anche la messa in circolo delle polveri che altrimenti rimarrebbero sedimentate sul pavimento e sulle superfici di mobili ecc. Queste polveri vengono portate nella zona di respirazione delle persone e vengono quindi inalate con continuità. Si può dire che tanto più attivo risulta il radiatore, ossia tanto più aumenta la sua efficienza, tanto maggiore è la circolazione di polveri nell'ambiente. Tutte le particelle

mantenute in sospensione nell'aria non possono essere intercettate in alcun modo e pertanto vengono respirate con continuità dalle persone. Le due figure di seguito illustrano bene la circolazione delle particelle inquinanti. La prima dimostra un forte trascinarsi e



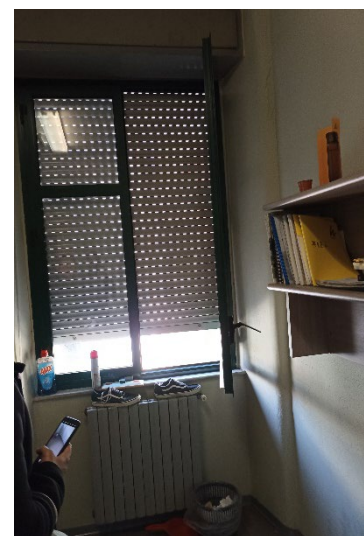
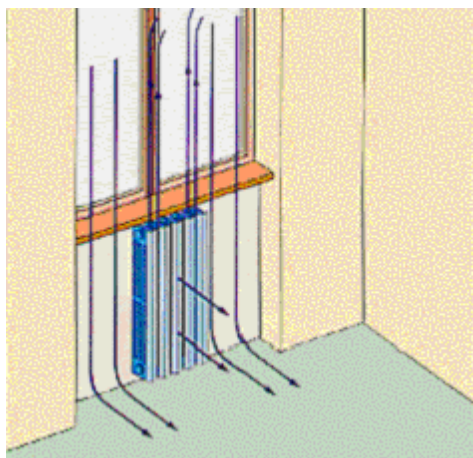
Moti convettivi dell'aria generati da un radiatore

ricircolazione di polveri in tutto l'ambiente per effetto degli intensi moti convettivi creati dal radiatore alimentato con acqua ad alta temperatura, perciò con alta efficienza di funzionamento. La seconda figura dimostra invece come la quantità di polveri in circolo si riduce quando diminuisce l'intensità dei moti convettivi se il radiatore viene alimentato con acqua a bassa temperatura. In queste condizioni però il radiatore può non essere in grado di soddisfare la domanda di riscaldamento dell'ambiente.

- **Ristagni d'aria e stratificazione:** due dei problemi più comuni del riscaldamento a radiatori sono i ristagni d'aria e la stratificazione dell'aria calda sul soffitto. I ristagni d'aria si producono soprattutto quando la disposizione dei radiatori rispetto all'ampiezza o alla pianta dei locali impedisce ai moti convettivi di avvolgere tutto l'ambiente. Per conseguenza in certe zone l'aria rimane ferma, con velocità inferiore a $0,08 \text{ m/s}$ e le persone risentono condizioni asfittiche e di forte disagio. La stratificazione è il noto fenomeno di accumulo dell'aria calda

all'altezza del soffitto con aumento della temperatura rispetto alla zona occupata. La stratificazione non solo produce un disagio termico per le persone, ma anche uno spreco ingiustificato di combustibile con un aumento del costo di gestione dell'impianto.

- **Eccessiva disidratazione dell'aria ambiente:** i radiatori, per effetto dell'alta temperatura di funzionamento (70 - 80 °C) possono produrre una disidratazione troppo spinta dell'aria ambiente, con il risultato di abbassare l'umidità relativa al di sotto del limite di benessere. I disagi provocati da una eccessiva secchezza dell'aria sono ben noti come l'Irritazione delle mucose, mal di testa, frequente necessità di bere, lacrimazione degli occhi, produzione di elettricità statica con scariche nel contatto con oggetti, sensazioni generali di disagio;
- **Limitata capacità di neutralizzare le correnti fredde:** le finestre determinano la formazione di correnti fredde discendenti verso il basso quando la temperatura esterna scenda al di sotto di certi valori. Queste fastidiose correnti sono dovute al raffreddamento dell'aria che lambisce le superfici vetrate, che perciò diviene più pesante e scende verso il basso producendo dei moti vorticosi e turbolenti a livello del pavimento che investono i piedi e le caviglie delle persone creando disagio. Per neutralizzare queste correnti il radiatore dovrebbe essere posizionato al di sotto della finestra ed avere una lunghezza pressochè pari a quella della finestra stessa. Di solito per economia o perchè la potenza erogata risulta "nominalmente" sufficiente per soddisfare il carico termico dell'ambiente, la lunghezza del radiatore è sensibilmente minore di quella della finestra, come dimostra la figura di seguito. In questo caso si producono e si mantengono fastidiose correnti fredde, tanto più intense quanto minore è la temperatura dell'aria esterna.



Correnti d'aria fredda discendenti dalle finestre

- **Inerzia termica:** l'inerzia termica è un'altra limitazione dei radiatori; essa influenza il tempo di risposta dell'impianto alle variazioni di regime termico. Per la stessa ragione essa influenza i consumi energetici. Maggiore è la massa totale del radiatore (corpo e contenuto d'acqua) maggiore ne risulta l'inerzia, con il risultato che esso risulta poco flessibile per la regolazione.
- **Sottosistema di distribuzione:** la distribuzione del fluido termovettore ai corpi scaldanti avviene per mezzo di una rete con tubi in acciaio sottotraccia a colonne montanti e stacchi verso i collettori di piano;



Collettore di piano

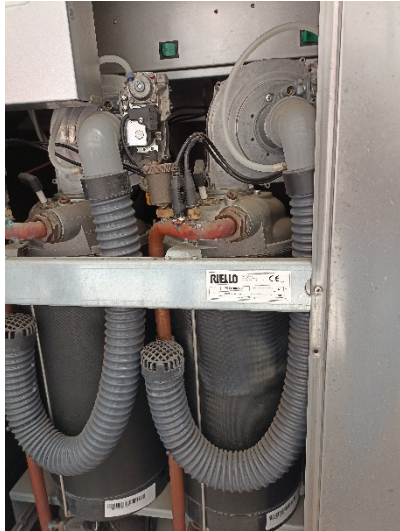


Sistema di emissione del calore Ante operam

- **Sottosistema di regolazione:** con regolazione (o termoregolazione) si intende la regolazione (automatica o manuale) della temperatura, in modo tale che il calore erogato dai sistemi di generazione sia quello strettamente necessario al raggiungimento delle condizioni di comfort termico all'interno dell'ambiente, definite dall'utenza finale (per impianti centralizzati la regolazione riguarda generalmente la temperatura di mandata al sistema di distribuzione e può includere la temperatura del locale in cui viene emesso il calore); Il sistema di regolazione è fondamentale per raggiungere i livelli di comfort, il quale deve garantire i livelli di emissioni adeguati alle effettive necessità (variabili nel tempo). I sistemi di regolazione possono intervenire sulla temperatura di mandata del fluido termovettore, sulla temperatura dell'ambiente interno e sulla temperatura della singola zona (questi sistemi sono combinabili in diverse modalità). Nel caso in esame la regolazione dell'impianto è del tipo a punto fisso sulla temperatura, impostata a 70 °C, dell'acqua di mandata del generatore. Tale sistema risulta piuttosto inefficiente in quanto la mancanza delle valvole termostatiche sui singoli radiatori non permette di valutare le condizioni ambientali dei singoli locali riscaldati, mentre l'assenza di una centralina di compensazione climatica non permette di adeguare

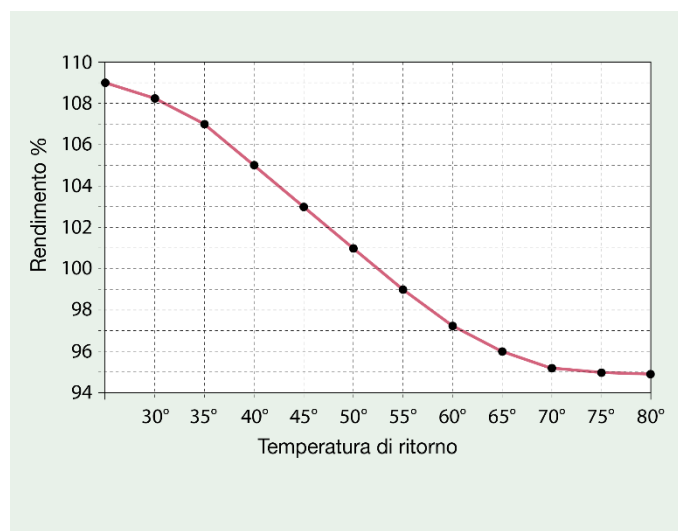
la potenza termica emessa dal generatore al reale carico termico richiesto dall'utenza in funzione della temperatura esterna misurata.

- **Sottosistema di generazione:** è composto da una caldaia a condensazione di marca Riello composta da quattro moduli e avente una potenza complessiva pari a 720 kW_t alimentata a gas metano.



Generatore termico esistente

Tale generatore seppur di recente costruzione, in buono stato manutentivo, e con caratteristiche tecniche confrontabili con le tecnologie a condensazione attualmente presenti sul mercato risulta estremamente sovradimensionato rispetto al carico termico richiesto dall'edificio. Si precisa che il vantaggio principale di questa tipologia di generatori termici è quello di sfruttare il calore latente di condensazione del vapore acqueo contenuto nei gas di scarico. La possibilità di sfruttare tale calore, che altrimenti sarebbe disperso in atmosfera, è funzione della temperatura di ritorno in centrale del fluido termovettore dell'impianto. Ne consegue che a causa delle caratteristiche intrinseche del sottosistema di emissione (impianto ad alta temperatura) e dell'inefficienza del sottosistema di regolazione, il generatore difficilmente si troverà nella condizione di sfruttare il calore latente dell'acqua penalizzando il suo rendimento. A conseguenza di ciò si ha una maggiorazione dei consumi di combustibile fossile a parità di energia richiesta per il servizio di riscaldamento, dunque maggiori costi di gestione e maggiori emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A scopo puramente illustrativo nell'immagine seguente si riporta l'andamento del rendimento di una caldaia a condensazione in funzione della temperatura dell'acqua di ritorno dall'impianto grazie alla quale si può notare come maggiore sia tale temperatura minore sia il rendimento del generatore.

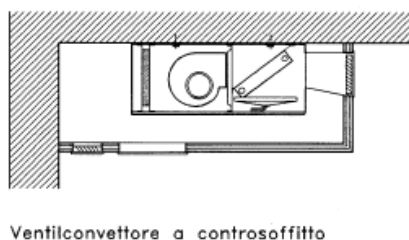


Rendimento di una caldaia a condensation in funzione della temperatura di ritorno dell'acqua dall'impianto

5.2 Stato di progetto

L'intervento previsto in progetto consiste nella sostituzione integrale dei sottosistemi sopra descritti in particolare:

- **Sottosistema di emissione:** gli attuali radiatori verranno rimossi e verranno sostituiti con dei ventilconvettori incassati nel controsoffitto. I ventilconvettori sono terminali che cedono o sottraggono calore all'ambiente per convezione forzata. Sono costituiti essenzialmente da: una o due batterie alettate di scambio termico, uno o due ventilatori centrifughi o tangenziali, un filtro dell'aria, una bacinella di raccolta condensa che deve essere collegata tramite apposita tubazione ad un punto di scarico, un involucro di contenimento.



Ventilconvettore a soffitto

Alcuni vantaggi di questi sistemi di emissione del calore sono i seguenti:

- **Miglior livello di comfort:** i ventilconvettori producono un flusso d'aria forzata, per mezzo del ventilatore di cui sono equipaggiati, che investe l'intero ambiente, produce un attivo ricircolo d'aria, impedisce la formazione di zone stagnanti e stratificazioni e mantiene un movimento dell'aria gradevole e uniforme. L'aria viene diffusa a temperatura moderata poichè il ventilconvettore è alimentato con acqua a bassa temperatura rispetto a quella dei radiatori: appena 45 o 50 °C. Ciò mantiene il livello di umidità dell'aria a valori entro i limiti di benessere nella maggior parte della stagione di riscaldamento. Inoltre, nei locali la velocità dell'aria si mantiene sui valori di benessere: da 0,13 a 0,20 m/s;
- **Maggior pulizia dell'aria e maggiore igienicità negli ambienti:** un filtro sulla ripresa dell'apparecchio trattiene con continuità polveri, filacce, fibre, pelo animale ecc. depurando l'aria e prevenendo l'inalazione di queste impurità. Pertanto le persone che soggiornano negli ambienti risultano protette contro gli effetti delle polveri, e nei locali si realizzano condizioni più igieniche e salutari;
- **Assenza di fenomeni di stratificazione e di correnti d'aria:** con i ventilconvettori non si producono stratificazioni termiche in quanto vi è continuo ricircolo d'aria in tutto l'ambiente con un vigoroso ed efficiente rimescolamento. Si ha un contrasto anche alla formazione di correnti d'aria fredde in quanto il ventilconvettore esercita un'azione che le può neutralizzarle. Il riscaldamento risulta più efficiente poichè non vi sono perdite di calore per radiazione verso la parete posteriore all'apparecchio. Questo produce un minor consumo di combustibile e minori spese di gestione;
- **Riscaldamento a bassa temperatura, nessuna inerzia termica e predisposizione per il condizionamento estivo:** la messa a regime dei locali è molto rapida, all'accensione del ventilatore. L'aria inizia ad essere ricircolata immediatamente e quindi il calore viene distribuito senza le attese dovute all'inerzia termica dei radiatori. Ciò permette una risposta eccellente alle esigenze termiche di locali usati in modo discontinuo nel corso della giornata come gli alloggi universitari. A ciò si aggiunge l'opportunità di importanti risparmi di energia primaria e quindi di un'apprezzabile economia dei costi attribuibili al riscaldamento ambientale grazie anche alla ridotta temperatura dell'acqua di alimentazione del dispositivo soprattutto se quest'ultima venga prodotta da un generatore a pompa di calore. Inoltre, l'istallazione di un generatore termico a pompa di calore reversibile permette, con la medesima macchina termica utilizzata nel regime invernale, la produzione di acqua refrigerata con la quale si possono alimentare i ventilconvettori nella stagione estiva. In questo modo essi

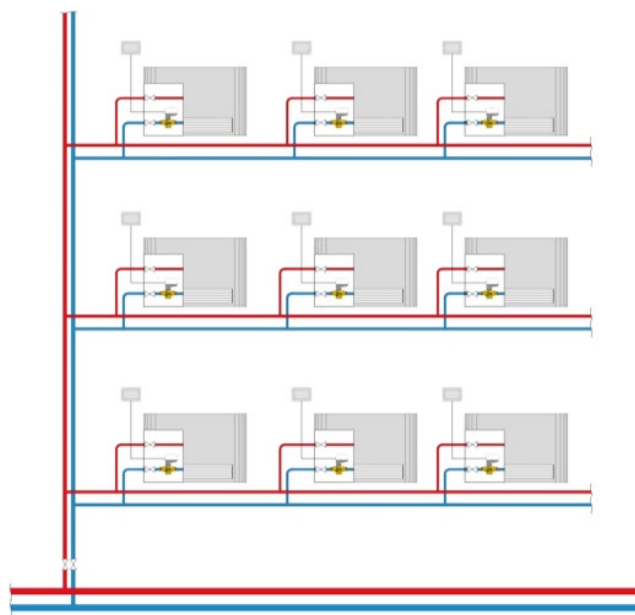
realizzano il raffrescamento e la deumidificazione dell'aria, oltre alla sua costante filtrazione.

- **Sottosistema di regolazione:** la logica di regolazione dell'impianto attuale sarà sostituita con un sistema di regolazione cosiddetta per singolo ambiente. Tale metodologia di gestione degli impianti termici ha lo scopo di controllare l'emissione del calore all'interno dei locali serviti dagli impianti di climatizzazione, in modo tale da mantenere al loro interno la temperatura di comfort desiderata. Esistono due tipologie di sistemi di regolazione per singolo ambiente: ON/OFF e modulante. La prima è più indicata per sistemi di emissione ad elevata inerzia mentre la seconda, più tecnologicamente avanzata, si sposa perfettamente con sistemi a ridotta inerzia termica come appunto i ventilconvettori. In questo secondo caso la regolazione avviene tramite una centralina di regolazione installata all'interno di ogni alloggio (esterna o a bordo del ventilconvettore stesso) in grado di adattarsi rapidamente alle variazioni di carico interno, per mantenere in maniera continuativa la temperatura di comfort all'interno dell'ambiente. Le oscillazioni di temperatura saranno quindi molto più contenute, e consente un maggior risparmio energetico, in quanto la potenza termica erogata corrisponde a quella strettamente necessaria. In abbinamento alla logica di regolazione fin qui descritta si prevede l'installazione di un sistema a compensazione climatica in centrale, il quale invece terrà conto delle condizioni climatiche esterne. Le dispersioni termiche, infatti, sono direttamente proporzionali alla differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno: se la giornata è calda, questa differenza di temperatura sarà bassa, e quindi saranno basse anche dispersioni e fabbisogni conseguenti. La composizione del sistema è in genere: una centralina elettronica (nella quale si imposta la temperatura di mandata), una sonda di misura della temperatura di mandata, un circuito di miscelazione (valvola miscelatrice + servomotore), e una sonda di temperatura esterna. All'interno della centralina viene imputata la curva climatica (modificabile a seconda delle specifiche esigenze), tramite la quale si ricava la temperatura di mandata a partire dalla temperatura dell'aria esterna, e viene inviato l'input che regola la valvola miscelatrice. In definitiva l'impianto previsto in progetto sarà dotato di un sistema di regolazione cosiddetto per singolo ambiente più compensazione climatica, il quale è il più energeticamente efficiente, in quanto si adatta continuamente sia alle effettive condizioni climatiche che ai carichi termici richiesti per ogni locale climatizzato ottenendo valori del rendimento di regolazione tra i più alti raggiungibili con le tecnologie attualmente presenti sul mercato;
- **Sottosistema di distribuzione:** in questa fase progettuale si è deciso di dismettere completamente l'impianto distribuzione esistente per due motivi principali, il primo dovuto alla sua vetustà e il secondo relativo all'incompatibilità dei diametri delle tubazioni in

riferimento alle portate e ai salti termici da assicurare ai ventilconvettori. Dunque oltre alla rimozione dei corpi scaldanti esistenti si provvederà anche alla sigillatura delle rispettive tubazioni di adduzione dell'acqua calda ma non al totale smantellamento dell'intera rete in modo da limitare i costi delle opere murarie. In sostituzione dell'impianto esistente si installeranno due impianti distinti, uno per il plesso "vecchio" ed uno quello "nuovo". Tale scelta progettuale permette di:

- ottimizzare la climatizzazione della struttura nei periodi di scarsa affluenza da parte degli studenti come, ad esempio, nel periodo estivo o più in generale durante i periodi in cui non sono previste attività didattiche nelle sedi universitarie. La presenza di due impianti separati permette dunque di sfruttare un'ala piuttosto che l'altra in funzione della reale occupazione degli alloggi;
- contenere lo sviluppo lineare della rete consentendo un più agevole bilanciamento delle portate e quindi riducendo i costi di pompaggio;
- mantenere il punto di lavoro dei generatori termici in prossimità delle condizioni nominali di funzionamento evitando così fenomeni di parzializzazione delle macchine i quali hanno ricadute negative sui loro coefficienti di prestazione.

Al fine di meglio adattarsi al design architettonico dell'edificio il layout di impianto sarà del tipo a due tubi con sviluppo lineare lungo i corridoi. In virtù anche del sistema di regolazione scelto ogni terminale di emissione sarà dotato di valvola motorizzata a due vie e di dispositivo di bilanciamento delle portate.



Esempio schematico di circuito idraulico a due tubi

- **Sottosistema di generazione:** L'impianto di condizionamento deve funzionare in modo intermittente, sia nell'arco della giornata, che nell'arco della settimana, e deve inoltre soddisfare sia il servizio di riscaldamento che quello di raffrescamento motivo per cui si è scelto un sistema a pompa di calore reversibile. Dall'analisi energetica effettuata sullo stato di progetto è stato calcolato il carico termico massimo richiesto dall'edificio sia nel regime di funzionamento invernale che in quello estivo, in base ai quali sono state dimensionate le macchine termiche, che dovranno avere una potenzialità termica non inferiore a 170 kW_t per l'ala "vecchia" e 97 kW_t per la l'ala "nuova. Inoltre ogni generatore dovrà essere dotato di un proprio accumulo inerziale di capacità almeno pari a 1000 e a 600 litri rispettivamente.



Esempio di pompa di calore reversibile

Dai dati tecnici di alcuni dispositivi commerciali, è stati scelti devi modelli aventi le seguenti caratteristiche tipiche:

Dati per determinazione COP_{PL} : prestazioni calcolate a condizioni Average e acqua a 35°C

	T _{design}	A (T _{biv})	B	C	D
Te	-10 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	12 °C
PLR	100%	88%	54%	35%	15%
DC		114,0	150,0	174,0	201,0
COP' (pieno carico)		2,80	3,62	4,16	4,76
COP (carico parziale)		3,24	3,24	3,24	2,51
P	128,9				
CR		1,00	0,46	0,26	0,10
f _{cop}		1,00	0,90	0,78	0,53

Dati di Potenza e COP a pieno carico sorgente fredda aria

	Potenza Termica (kW)			COP		
	T 35°C	T 45°C	T 55°C	T 35°C	T 45°C	T 55°C
-7 °C	114,0	112,0	-	2,80	2,29	-
2 °C	150,0	143,0	-	3,62	2,91	-
7 °C	174,0	164,0	155,0	4,16	3,33	2,60
12 °C	201,0	189,0	176,0	4,76	3,80	2,95

Potenza frigorifera nominale

Fattori di carico	100%	75%	50%	25%
EER	3,17	4,14	4,45	3,37

Esempio di dati prestazionali PdC Ala vecchia

Dati per determinazione COP_{PL} : prestazioni calcolate a condizioni Average e acqua a 35°C

	T _{design}	A (T _{biv})	B	C	D
Te	-10 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	12 °C
PLR	100%	88%	54%	35%	15%
DC		63,7	84,1	97,9	114,0
COP' (pieno carico)		2,75	3,54	4,06	4,64
COP (carico parziale)		3,16	3,17	3,16	2,31
P	72,0				
CR		1,00	0,46	0,26	0,09
f _{cop}		1,00	0,90	0,78	0,50

Dati di Potenza e COP a pieno carico sorgente fredda aria

	Potenza Termica (kW)			COP		
	T 35°C	T 45°C	T 55°C	T 35°C	T 45°C	T 55°C
-7 °C	63,7	62,2	-	2,75	2,26	-
2 °C	84,1	80,5	-	3,54	2,88	-
7 °C	97,9	92,9	88,0	4,06	3,28	2,61
12 °C	114,0	107,0	100,0	4,64	3,74	2,96

Potenza frigorifera nominale

Fattori di carico	100%	75%	50%	25%
EER	3,10	4,03	4,44	3,36

Esempio di dati prestazionali PdC Ala nuova

- Pompa di calore reversibile in classe A con sorgente aria per installazione esterna: unità da esterno in pompa di calore ad alta efficienza per la produzione di acqua refrigerata/riscaldata con compressori ermetici rotativi di tipo scroll a velocità variabile dedicati per l'utilizzo di R410A, ventilatori assiali, batteria di condensazione con tubi in rame ed alette in alluminio, scambiatore a piastre saldo brasate e valvola di espansione termostatica meccanica o elettronica;
- Struttura: struttura specifica per installazione da esterno, autoportante in lamiera zincata a caldo di adeguato spessore. Verniciatura di tutte le parti con polveri poliesteri che assicura una totale resistenza agli agenti atmosferici. I pannelli, facilmente rimovibili, permettono l'accesso all'interno dell'unità per le operazioni di manutenzione e riparazione.
- Compressori: per ogni circuito frigo l'unità è dotata di un compressore scroll inverter e un compressore scroll ON/OFF in configurazione tandem, completi del riscaldatore del carter, spia di livello olio e montati su supporti antivibranti in gomma. I compressori adattano il comportamento in funzione del carico termico al fine di ottimizzare l'efficienza dell'unità ai carichi parziali (tecnologia IDV): la compressione è ridotta meccanicamente ai carichi parziali in modo da ridurre lo sforzo del motore e il consumo elettrico.
- Compressore inverter con tecnologia a Magneti Permanenti Integrati Brushless (Interior Permanent Magnet - IPM technology) e pompa di circolazione dell'olio integrata. Ciò garantisce una buona lubrificazione dello scroll anche a bassa velocità ed evita il ritorno dell'olio in eccesso nel circuito quando opera a massima velocità

per mantenere un perfetto Oil Circulating Ratio (OCR). Il controllo ad Inverter consente di variare la velocità del compressore in continuo, in questo modo è possibile variare il flusso di refrigerante per fornire esattamente la potenza richiesta. La temperatura dell'acqua viene mantenuta stabile, fornendo maggior comfort all'utenza evitando fluttuazioni di temperatura. Il controllo elettronico assicura l'ottimale punto di lavoro del compressore: controlla la temperatura di scarico, il rapporto di compressione e il ritorno dell'olio.

- Scambiatore lato utenza: a piastre saldobrasate in acciaio AISI 316 a singolo circuito lato refrigerante a doppio circuito refrigerante. Lo scambiatore deve essere esternamente rivestito con materassino anticondensa in neoprene a celle chiuse. Quando l'unità non è in funzione devono essere protetti contro la formazione di ghiaccio all'interno da una resistenza elettrica termostata, mentre, con unità funzionante, la protezione è assicurata da un pressostato differenziale lato acqua.
- Scambiatore lato sorgente: a pacco alettato realizzato con tubi in rame e alette in alluminio adeguatamente spaziate in modo da garantire il miglior rendimento nello scambio termico. Circuitazione ottimizzata per ottenere due circuiti.
- Sezione ventilante lato sorgente: elettroventilatori assiali con grado di protezione IP 54, a rotore esterno alloggiati in bocchigli a profilo aerodinamico, completi di rete di protezione antinfortunistica. I ventilatori sono gestiti dal regolatore di velocità di rotazione dei ventilatori in continuo e trasduttori di alta e bassa pressione nel circuito frigorifero. Il sistema consente l'attenuazione del livello sonoro specialmente durante le ore notturne oltre che il funzionamento dell'unità con temperature dell'aria esterna fino a -20 °C in raffreddamento.
- Circuito frigorifero: a doppio circuito
- Quadro elettrico di potenza e controllo completo di: quadro elettrico con sezionatore generale bloccoporta, trasformatore per il circuito di comando, cavi elettrici numerati, fusibili a protezione dei carichi, relé termici a protezione dei compressori; e ventilatori, morsetti per collegamenti esterni di potenza e comando, controllore elettronico con display, alimentazione elettrica 400V/3ph/50Hz+N+PE
- Microprocessore: con display incluso, montato sulla porta del quadro elettrico unità il quale permette di visualizzarne in qualsiasi istante lo stato di funzionamento, di controllare la temperatura dell'acqua impostata e quella effettiva e, in caso di blocco parziale o totale dell'unità, di evidenziare quali sicurezze sono intervenute;
- Rispetto di ogni certificazione, norma e direttiva di riferimento del settore.

Benefici ambientali dell'intervento



<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	<i>143.77</i>
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	<i>18.88</i>

6. Impianto produzione di ACS

6.2 Stato di fatto

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria attualmente a servizio dell'edificio è composto dai seguenti macrocomponenti:

- caldaia a condensazione di marca Riello composta da 2 moduli e avente una potenza complessiva pari a 330 kW_t alimentata a gas metano;
- Scambiatore di calore a piastre di potenza pari a 300 kW_t;
- Numero due bollitori monoserpentina collegati in parallelo di capacità pari a 1000 litri cadauno;
- Collettore di centrale di diametro pari a 3";
- Vasi d'espansione da 50 litri;
- Miscelatore termostatico non motorizzato.

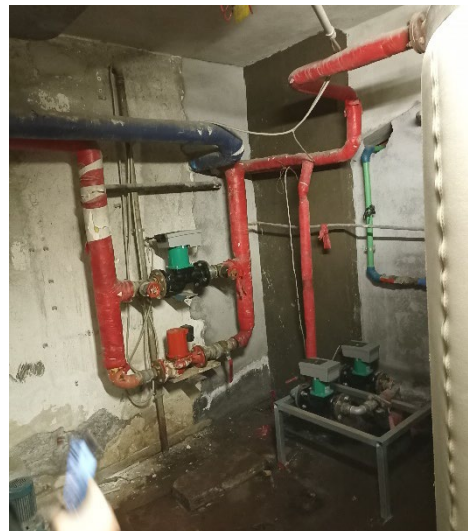
Tutta la componentistica è installata all'interno di un apposito locale tecnico sito nel piano seminterrato dell'edificio a meno del generatore termico posizionato a cielo aperto sulla copertura piana del locale mensa.



Generatore termico ACS esistente



Bollitori e componenti vari di centrale



Scambiatore a piastre – gruppo pompe

L'impianto nel corso degli anni ha subito diversi interventi di manutenzione come la sostituzione delle pompe di ricircolo, l'installazione dei boiler, che hanno solo minimamente migliorato l'efficienza del sistema che comunque versa in condizioni di obsolescenza soprattutto delle tubazioni e del loro isolamento in alcuni casi del tutto mancante. Risulta inoltre privo di un sistema di regolazione automatica.

7.2 Stato di progetto

L'intervento in progetto prevede il rifacimento integrale della centrale ed in particolare:

- La sostituzione del generatore termico con uno a pompa di calore con una potenza termica almeno pari a 100 kWt;

- La sostituzione dei boiler esistenti con un sistema di accumulo, monoserpetina, almeno pari a 3200 litri predisposto per l'installazione di resistenze elettriche ausiliare;
- Il rifacimento di tutto il layout impiantistico della centrale e dei rispettivi sistemi di intercettazione, riempimento, sicurezza, adduzione, trasporto dei fluidi ecc;
- L'installazione di un gruppo di miscelazione termostatico motorizzato;
- Un sistema di gestione elettronica che controlli tramite apposite centraline di comando, attuatori e sensori le grandezze fisiche dell'impianto (temperature, pressione) interfacciandosi ai sistemi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabile in modo da ottimizzare i periodi di marcia del generatore termico.
- Il dimensionamento del sistema di accumulo e della potenza del generatore è stato effettuato assimilando l'utenza in questione ad un albergo composto da 102 camere. Di seguito si riporta il risultato del calcolo.

Dimensionamento Volume bollitore per ACS (*)			
Dati			
Necessità	P	130 l/g	INPUT
Numero bagni	n	102	
Punta	hp	2 h	
Preriscaldamento	hpr	2 h	
Temperatura utilizzo	tu	40 °C	
Temperatura prelievo	tpr	10 °C	
Temperatura accumulo	ta	60 °C	
Contemporaneità	F	0,8	OUTPUT
Consumo ACS/giorno	C/g	10.608,0 l	
Calore totale	Qt	318.240,0 kcal	
Calore orario	Qh	79.560,0 kcal/h	
Calore da accumulare nella fase di prerisc.	Qa	159.120,0 kcal	
Volume bollitore	V	3.200 l	
Potenza Generatore	P _{gen}	92 kW	

Dimensionamento volume bollitore per ACS e potenza del generatore

Per la scelta delle caratteristiche tecniche e commerciali tipiche del generatore termico adibito alla produzione di ACS si possono utilizzare gli stessi riferimenti indicati per la pompa di calore utilizzata per il servizio di riscaldamento dell'ala "nuova".

Benefici ambientali dell'intervento

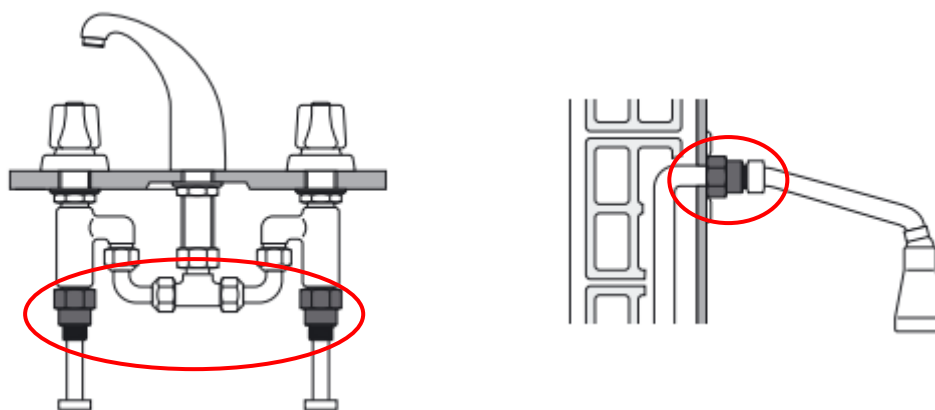


<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	45.524
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	5,98

7. Risparmio di risorse idriche

Al fine di limitare il consumo di risorse idriche si prevede l'installazione di specifici riduttori di flusso in ogni punto acqua. I riduttori di flusso sono degli ugelli che servono a limitare la quantità di acqua fredda o calda in uscita dai punti di erogazione.

Il riduttore di flusso viene inserito al posto del frangigetto ed è un meccanismo che ha la funzione di suddividere l'acqua in piccolissime particelle miscelandole con l'aria. Grazie all'utilizzo di questi dispositivi il volume del getto si mantiene corposo e confortevole, riducendo tra il 40 e il 50% il consumo d'acqua garantendo la stessa pressione in uscita, nonostante la portata inferiore.



Riduttori di flusso

Benefici ambientali dell'intervento



Risparmio di acqua [m³/y]

3.622

8. Impianto di illuminazione ed rifacimento impianti elettrici

L'edificio allo stato di fatto è perlopiù illuminato da corpi lampada a tubi fluorescenti. Questa tipologia di apparecchi illuminanti è caratterizzata dai seguenti svantaggi:

- Contenuto di una piccola percentuale di mercurio contenuta nella composizione della lampadina, che ne impedisce il riciclo presso i normali punti di raccolta, ma necessita di specifiche procedure da effettuare nelle isole ecologiche;
- Lenta messa a regime;

- Elevati consumi elettrici rispetto alla tecnologia LED confrontati alle medesime condizioni di illuminamento.
- Minor confort visivo rispetto ai LED



Apparecchi illuminanti esistenti

Nell'ambito descritto una soluzione ottimale è rappresentata dai corpi illuminanti a LED che è attuabile secondo due distinte modalità:

- la prima soluzione denominata "RELAMPING" consiste nella mera sostituzione della lampada (tipicamente un tubo fluorescente tradizionale è sostituito con un tubo a LED);
- la seconda comporta invece la sostituzione dell'intero corpo illuminante.

La prima soluzione è più vantaggiosa sul piano dell'investimento economico iniziale; di contro presenta però problemi di certificazione e omologazione del nuovo prodotto il cui cablaggio è modificato rispetto al prodotto originale; infatti la ricertificazione del corpo illuminante, in cui sono stati sostituiti i cablaggi di alimentazione, appare alquanto problematica e praticamente irrealizzabile su larga scala. Pertanto si intende optare per la seconda soluzione a dispetto del maggior costo di installazione.



Apparecchi illuminanti a LED

Complessivamente sono stati stimati circa 360 punti luce per una potenza elettrica complessiva impegnata per il servizio in questione di circa 37,45 kW a fronte di circa 15 kW nello scenario di intervento. Di seguito si riportano i risparmi energetici attesi.



Benefici ambientali dell'intervento

<i>Risparmio di energia elettrica [kWh/y]</i>	<i>119.534</i>
<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	<i>159.960</i>
<i>Emissioni evitate [tCO₂/y]</i>	<i>53,07</i>

A quanto fin qui detto è stato previsto anche il rifacimento e dell'impianto elettrico dell'immobile in quanto ormai in condizioni obsolete e un suo contestuale ampliamento in modo da agevolare il collegamento delle apparecchiature previste in progetto (chiusure oscuranti e schermature solari motorizzate, ventilconvettori e sistemi di controllo vari) L'intervento prevede il rifacimento dei quadri di piano, dei punti di comando e di forza motrice, la sostituzione e l'incremento nei punti di prelievo di energia elettrica, la sostituzione delle morsettiere nonché dei dispositivi di protezione dai contatti diretti ed indiretti all'interno degli alloggi.

9. Impianto BMS (Building Management Systems)

La norma UNI EN 15232 classifica i sistemi di automazione e controllo presenti all'interno di un edificio individuando 4 classi (A, B, C e D dalla migliore alla peggiore), che non hanno alcuna corrispondenza con le classi di efficienza energetica di un edificio, definite dalla EN 15217.

Le classi sono di seguito riportate:

- Classe D "NON ENERGY EFFICIENT": comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione e controllo, non efficienti dal punto di vista energetico;
- Classe C "STANDARD" (riferimento): corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici, di seguito indicati con la sigla BACS – "Building Automation & Control Systems", di tipo "tradizionale", eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque con livelli prestazionali minimi rispetto alle loro reali potenzialità;
- Classe B "ADVANCED": comprende gli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo (BACS) avanzati e con alcune funzioni di gestione degli impianti tecnici dell'edificio, di seguito indicati con la sigla TBM - "Technical Building Management";
- Classe A "HIGH ENERGY PERFORMANCE": corrisponde ai sistemi BAC e TBM "ad elevate prestazioni energetiche", cioè con livelli di precisione e completezza del controllo tali da garantire elevate

prestazioni. I dispositivi di controllo delle stanze devono essere in grado di gestire impianti HVAC tenendo conto di diversi fattori (occupazione, qualità dell'aria, ecc.) ed includere per le interazioni tra HVAC e vari servizi dell'edificio (ad es. apparecchiature elettriche, illuminazione, schermature solari, ecc.).

La classe C è considerata dall'ente normatore di riferimento lo standard tecnologico di partenza. Tuttavia, per gli edifici esistenti, nei quali non tutte le funzioni di automazione sono implementate, il livello medio del parco tecnologico installato è per la maggior parte corrispondente alla classe D.

Si segnala che il Decreto Ministeriale del 26/06/2015 definisce, per gli edifici di nuova realizzazione o sottoposti a ristrutturazione importante di primo livello, il livello minimo di automazione corrispondente alla classe B definita all'interno della norma UNI EN 15232.

Le funzioni di automazione e controllo di un edificio sono raggruppate per tipologia applicativa:

- Riscaldamento;
- Acqua calda sanitaria;
- Illuminazione;
- Sistemi TBM (Technical Building Management)

Per il caso in esame è stato scelto un sistema BMS completo in grado di gestire in maniera integrale tutti i servizi presenti all'interno delle camere e i relativi accessi da parte degli studenti, in particolare i servizi offerti sono:

- **Apertura porta con badge:** avvicinando il badge al lettore viene avviato il riconoscimento, se il badge è abilitato all'accesso il lettore invia il comando di apertura all'elettroserratura della porta. Il lettore di badge sarà posizionato nel corridoio al lato della porta, e avrà sul frontale dei led di colore specifico al fine di segnalare il riconoscimento o meno del badge e la situazione occupazionale della camera (libera, occupata, da rassettare ecc);
- **Attivazione camera:** all'interno della camera, presso la porta di ingresso si posiziona una tasca con retroilluminazione, dove l'utente deve inserire il badge per abilitare i servizi di illuminazione, prese e climatizzazione;
- **Chiamata bagno con segnalazione in portineria:** questa funzione potrà essere abilitata per le camere riservate a studenti con disabilità;
- **Gli stati delle camere possono essere impostabili dalla reception:** disattivazione, attesa di un ospite o ospite in camera;

- **Controllo finestre:** tramite un sensore posizionato sulla finestra si possono attivare all'apertura delle finestre delle funzioni come la disattivazione dell'impianto di climatizzazione e la generazione di un allarme anti intrusione in assenza di utenti,
- **Controllo della temperatura ambiente:** tramite un termostato è possibile regolare dalla portineria le condizioni di confort all'interno delle singole camere;
- **Segnalazioni guasti di vario genere.**

Benefici ambientali dell'intervento



<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	59.611
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	19,41

10. Impianto fotovoltaico

10.1 Generalità

L'impianto sarà del tipo "realizzato su tetto di edifici" ovvero montato su apposita struttura metallica sulle coperture piane dell'immobile.

La configurazione del campo fotovoltaico prevede l'installazione di un opportuno numero di stringhe, ognuna delle quali composta da 25 moduli collegati in serie tra di loro e protette ciascuna da diodo di blocco. **Complessivamente si installeranno 150 pannelli fotovoltaici da 400 Wp cadauno per una potenza totale dell'impianto pari a 60 kW.**

Il generatore nel suo insieme sarà composto da 3 inverter trifase ognuno di potenza pari a 20 kW, ciascun inverter sarà dotato di 2 ingressi MPPT, uno per stringa.

L'impianto sarà esposto a SUD e avrà un'inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.



Impianto fotovoltaico su copertura piana

10.2 Componenti d'impianto

Nel suo complesso l'impianto sarà formato dai seguenti componenti:

- **Cavi solari:** i cavi solari (o di stringa) che collegano tra di loro i moduli e le stringhe fino all'inverter devono avere i seguenti requisiti:
 - devono essere in grado di sostenere la corrente di corto circuito tra i poli e verso terra;
 - resistere ai raggi UV;
 - avere temperatura massima di funzionamento $> 90^{\circ}\text{C}$;
 - devono essere dimensionati in modo tale che le perdite siano contenute al minimo;
 - essere flessibili, sottili, leggeri e maneggevoli;
 - devono ammettere una tensione nominale di 0,6/1 kV.
- **Inverter:** le caratteristiche principali dell'inverter sono:
 - doppia sezione di ingresso per la connessione a due "arrays" di pannelli con 2 MPPT indipendenti con controllo ad alta velocità per l'inseguimento dinamico del punto di massima potenza e per massimizzare la raccolta di energia;
 - uscita sinusoidale pura;
 - protezione "Anti-isola";
 - display LCD frontale per il monitoraggio dei parametri principali;
 - connessione DC standard tramite connettori Multi-Contact (MC4).
- **Cavi di impianto:** per i cavi di impianto a valle dell'inverter si utilizzeranno cavi a doppio isolamento tipo FG160R16 0,6/1kV, protetti tramite guaina in PVC;
- **Protezioni Lato DC:** si utilizzeranno dei sezionatori per correnti continue per il sezionamento delle stringhe, e dei fusibili per assicurare la protezione dal sovraccarico e dal cortocircuito
- **Protezioni Lato AC:** si utilizzeranno degli interruttori tetrapolari a monte degli inverter e un interruttore magnetotermico con modulo differenziale da inserire a valle dell'interruttore generale sito nel quadro elettrico generale
- **Messa a terra e protezione dai contatti indiretti:** il complesso delle apparecchiature che costituiscono il generatore fotovoltaico costituiscono un sistema IT (sistema isolato e masse a terra) dunque tutte le masse devono essere collegate a terra. Tuttavia in questo caso specifico si seguiranno le indicazioni della Norma CEI 64/8 sez. 712 che consiglia l'uso di componenti di classe II (doppio isolamento) che come è noto non sono da considerarsi masse.
- **Protezione dalle sovratensioni:** si provvederà a proteggere l'impianto fotovoltaico dalla fulminazione indiretta installando opportuni SPD tra i conduttori attivi e terra. Gli SPD devono avere le seguenti caratteristiche: classe II; tensione di esercizio $> 1,25 \cdot U_{oc}$; livello di protezione $U_p < 0,9 \cdot U_{wi}$ (tensione di tenuta inverter lato DC); corrente max di scarica $\geq 5 \text{ kA}$.

- **Gruppo di misura dell'energia prodotta:** Il gruppo di misura dell'energia attiva e reattiva prodotta sarà ubicato a valle dell'inverter.
- **Dispositivo di protezione di interfaccia:** Il dispositivo di interfaccia sarà unico e sarà costituito da un interruttore tetrapolare associato ad un relè di protezione di interfaccia come previsto dalle Norme vigenti. Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), costituito essenzialmente da relè di frequenza e di tensione, è richiesto, secondo l'Allegato A70 2012 (Terna), a tutela degli impianti di Enel e del Cliente produttore in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete pubblica durante il regime di parallelo. Tutti gli impianti di produzione ed i relativi macchinari ed apparecchiature devono essere progettati, costruiti ed eserciti per restare in parallelo anche in condizioni di emergenza e di ripristino di rete. In particolare gli impianti, in ogni condizione di carico, devono essere in grado di rimanere permanentemente connessi alla rete MT e BT per valori di tensione nel punto di consegna, compresi nell'intervallo $85\% V_n \leq V \leq 110\% V_n$ o nell'intervallo $90\% V_n \leq V \leq 105\% V_n$ misurato ai morsetti di macchina. Riguardo all'esercizio in parallelo con la rete MT/BT in funzione della frequenza, l'impianto di produzione non rotante deve essere in grado di rimanere connesso alla rete permanentemente, per valori di frequenza tra $47,5 \text{ Hz} \leq f \leq 51,5 \text{ Hz}$.

Per quanto riguarda le due soglie di massima frequenza, esse dovranno essere regolate come di seguito:

- una soglia restrittiva a 50,3 Hz (con tempo 0,1 s);
- una soglia permissiva a 51,5 Hz (con tempo 1,0 s).

Per quanto riguarda le due soglie di minima frequenza, esse dovranno essere regolate come di seguito:

- una soglia restrittiva a 49,7 Hz (con tempo 0,1 s);
- una soglia permissiva a 47,5 Hz (con tempo 4,0 s).

Dunque le protezioni saranno:

- massima tensione;
- minima tensione;
- massima frequenza 50,28 Hz 60 ms;
- minima frequenza 49,72 Hz 60 ms;
- tensione omopolare.
- **Dispositivo di generatore:** Il dispositivo di generatore sarà unico e sarà costituito da un interruttore tetrapolare associato ad un relè di protezione di ricalzo (sistema di protezione di interfaccia SPI);
- **Sistema di accumulo:** pacco batterie modulare agli Ioni di Litio per una complessiva capacità di accumulo di 100 kWh dotato di un proprio sistema di conversione DC/AC, regolatore di carica e sistemi di protezione

10.2 Dimensionamento e calcolo della producibilità

La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) risulta essere:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N^{\circ}_{MODULI} = 400 \times 150 = 60.000 W_p$$

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatching;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore di efficienza del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$Totale\ perdite = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

$$\eta_{bos} = 1 - Totale\ pedite$$

In cui:

- *a* Perdite per riflessione.
- *b* Perdite per ombreggiamento.
- *c* Perdite per mismatching.
- *d* Perdite per effetto della temperatura.
- *e* Perdite nei circuiti in continua.
- *f* Perdite negli inverter.
- *g* Perdite nei circuiti in alternata.

Stimando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 85% la potenza disponibile sul lato c.a. sarà uguale a:

$$P_{CA} = P_{STC} \times \eta_{BOS} = 51.000 W_p$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$E [kWh/anno] = (I \times A \times \eta_{MODULI} \times \eta_{BOS})$$

In cui:

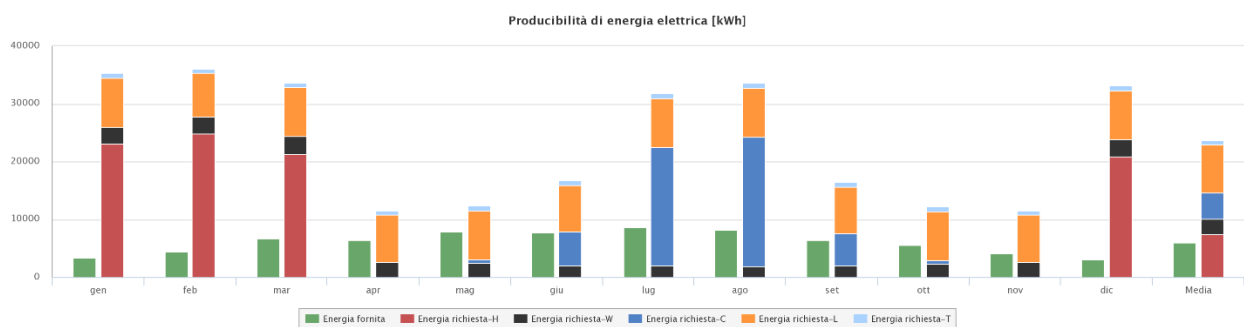
- I = irraggiamento medio annuo = 1744,3 kWh/m²
- A = superficie totale dei moduli = 294 m²
- η_{MODULI} = rendimento di conversione dei moduli = 20,4%
- η_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 85%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

$$E = (1744,3 \times 294 \times 20,40\% \times 85\%) = 88920 \text{ kWh/anno}$$

Il valore di 8892 kWh/anno è l'energia che il sistema fotovoltaico produrrà in un anno, se non vi sono interruzioni nel servizio.

Di seguito si riporta un interessante istogramma in cui è possibile confrontare l'energia elettrica mensilmente prodotta dall'impianto fotovoltaico in relazione ai fabbisogni elettrici dell'edificio per i servizi di riscaldamento (H), raffrescamento (C), acqua calda sanitaria (W), illuminazione (L) e trasporto delle persone (T).



Produttività impianto FTV

Benefici ambientali dell'intervento



<i>Risparmio di energia elettrica [kWh/y]</i>	89.920
<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	195.478
<i>Emissioni evitate [tCO2/y]</i>	64,75

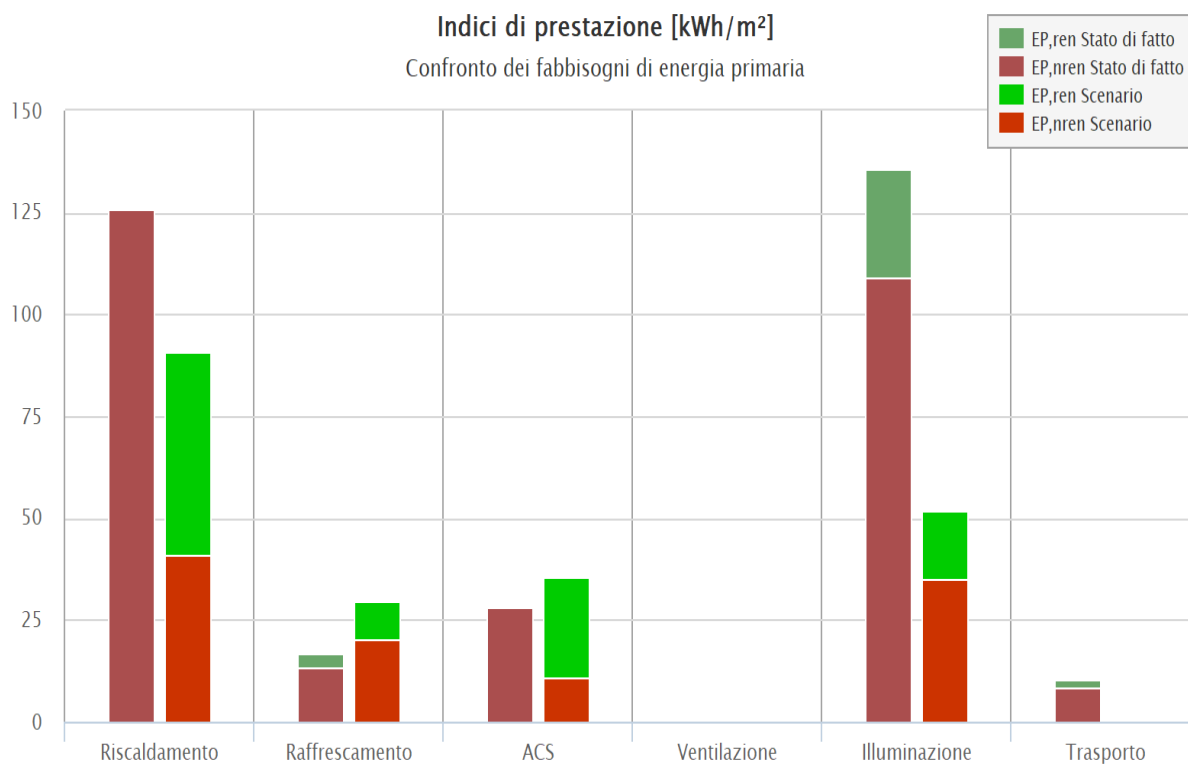
11. Conclusioni

A conclusione di questa relazione di riportano di seguito i risparmi energetici ed idrici complessivamente ottenuti dagli interventi illustrati e il confronto tra gli attestati di prestazione energetica ante e post operam.



Benefici ambientali complessivi

<i>Risparmio di energia primaria [kWh/y]</i>	865.926
<i>Risparmio di acqua [m³/y]</i>	3.622
<i>Emissioni evitate [tCO₂/y]</i>	162,78



Confronto dei fabbisogni di energia primaria specifici ante e post intervento



Confronto A.P.E. ante e post intervento

Un simile intervento di ristrutturazione edilizia, seppur caratterizzato da un notevole costo iniziale, comporterà i seguenti benefici:

- Un consistente risparmio energetico
- Minor impatto ambientale della struttura;
- Minori costi di gestione;
- Miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie e di sicurezza;
- Aumento della qualità del servizio offerto agli studenti
- Impatto mediatico e di immagine pubblica nei riguardi non solo dell'E.R.S.U ma anche di tutta l'Università degli Studi di Catania;

Per tutti gli aspetti non esaustivamente trattati si rimanda agli elaborati grafici, al computo metrico estimativo ed in generale a tutti gli altri elaborati del PTFE.

Catania 10/05/2022

I Progettisti

Ing. Carmelo Ridolfo

Ing. Rosario Enzo Mollica

Ing. Luca Gaetano Chinnici

Ing. Cesare Beccaria