



COMUNE DI PALAGONIA

Città Metropolitana di Catania

INTERVENTI PER L'ECO-EFFICIENZA E LA RIDUZIONE DI CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA NELL'EDIFICIO SEDE DELLA SCUOLA G. PONTE

COMMESSA

ALLEGATO

5

TAVOLA

OGGETTO:

*Relazione descrittiva impianti di illuminazione,
di condizionamento e sistema BACS*

SCALA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Arch. Saverio Sinatra

L'IMPRESA



GIGATECK
ASSOCIATI

PROGETTISTI:
(Dott. Ing. P. Scravaglieri) (Dott. Ing. S. Cantale)

STUDIO TECNICO "GIGATECK ASSOCIATI"
VIA PASUBIO, N. 45, 95127 CATANIA
Tel. 095-316767 Fax 095-325264
E-mail: studio@gigateck.it
PEC: studio@pec.gigateck.it

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Data emissione progetto
0	PROGETTO ESECUTIVO	Geom. A. Orefice	22/03/2019	Ing. S. Cantale	26/03/2019	Ing. P. Scravaglieri	28/03/2019	02/04/2019

PREMESSA

La presente relazione di accompagnamento al progetto esecutivo "INTERVENTI PER L'ECO-EFFICIENZA E LA RIDUZIONE DI CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA NELL'EDIFICIO SEDE DELLA SCUOLA G. PONTE". del comune di Palagonia in provincia di Catania, è stata redatta allo scopo di illustrare gli interventi da realizzare per raggiungere gli obiettivi previsti nel PAES redatto dal Comune. Il Comune di Palagonia infatti ha aderito all'iniziativa europea del Patto dei sindaci il 7 febbraio 2013, impegnandosi così a ridurre le proprie emissioni di CO₂ da qui al 2020, di almeno il 20% rispetto all'anno base, in modo da restare in linea con gli obiettivi fissati dalla Commissione Europea. A seguito della redazione della diagnosi energetica, sono stati individuati gli interventi di seguito elencati

- Isolamento termico con cappotto di superfici opache;
- Miglioramento della trasmittanza delle strutture trasparenti mediante la sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi a taglio termico.
- Installazione di sistemi BACS di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici – Sistemi di monitoraggio - sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore.
- Sostituzione degli impianti di riscaldamento/condizionamento esistenti con nuovo impianto centralizzato alimentato elettricamente;
- Riqualificazione di impianto di illuminazione interna con nuove lampade a tecnologia LED;

L'edificio oggetto della presente relazione è sede della scuola media Gaetano Ponte, esso si compone di tre volumi i quali si sviluppano su due elevazioni, due di questi sono adibiti ad aule mentre il terzo presenta un'altezza differente ed è sede della palestra e dell'aula magna

A seguire verranno illustrati gli interventi previsti inerenti gli impianti.

1. SISTEMA BACS

Il BACS (Building Automation e Control Systems) è l'impianto di automazione per il controllo, la gestione, il monitoraggio e l'ottimizzazione dei consumi energetici dell'edificio destinato a Edificio scolastico sito a Palagonia in via Circonvallazione.

L'implementazione di tale sistema permette la gestione dei seguenti impianti all'interno dell'edificio in oggetto:

- impianto di condizionamento
- impianto d'illuminazione a LED
- impianto fotovoltaico esistente
- quadri elettrici.

NORME DI RIFERIMENTO

La progettazione dell'impianto BACS è stata realizzata in conformità UNI EN 15232, rispettando le caratteristiche per garantire la classe A "HIGH ENERGY PERFORMANCE" per "Edifici Non-Residenziali", ovvero, per il raggiungimento di sistemi BAC e TBM "ad alte prestazioni energetiche" cioè con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto.

IMPIANTO BUILDING AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS (BACS)

L'impianto di BUILDING AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS (BACS), come detto, è stato sviluppato in modo da raggiungere la classe A "High Energy Performace" secondo la classificazione della norma UNI EN 15232 per la gestione dei seguenti impianti:

- Impianto di condizionamento;
- Impianto d'illuminazione a LED;
- Impianto fotovoltaico esistente;
- Quadri elettrici;

L'impianto BACS verrà realizzato attraverso l'installazione dei seguenti componenti:

- n.1 PC di supervisione, per il monitoraggio dell'intero sistema BACS.
- n.1 Switch 8 porte, per la comunicazione delle diverse apparecchiature ethernet in campo;
- n.1 Gateway Ethernet/Modbus,
- n.3 strumenti multifunzione comunicanti in protocollo Modbus, per la misura e il controllo dell'energia consumata dai quadri elettrici generale (QEG) esistente, di condizionamento (QCDZ) e impianto fotovoltaico esistente.
- n.1 Automation Server per la visione e la gestione dei diversi protocolli (Modbus, BACnet, Ethernet ecc...);
- n.1 Controller Ethernet/BACnet per l'interfacciamento del sistema di condizionamento al sistema BACS.

Inoltre, sempre allo scopo dell'efficiamento energetico, saranno installati ad eccezione dei servizi e della palestra, rilevatori di presenza ad infrarossi passivi (stand alone) i quali gestiranno l'accensione dei corpi illuminanti a LED e simultaneamente l'attenuazione/attivazione dell'impianto di condizionamento della zona gestita. Nel dettaglio il sistema permetterà di implementare le seguenti funzioni:

- Controllo integrato dell'impianto di riscaldamento/raffrescamento con comunicazione e controllo di presenza;
- Controllo dell'illuminazione su presenza;

- Gestione centralizzata nuovi impianti tecnologici;
- Monitoraggio consumi per macrosettori.

2. IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

L'impianto di climatizzazione estivo/invernale da realizzare sarà del tipo aria-aria in pompa di calore ad espansione diretta con portata variabile di refrigerante (VRF).

L'impianto di climatizzazione sarà costituito da n. 5 unità esterne a pompa di calore. Quattro delle unità esterne avranno potenza frigorifera nominale di 33,6 kW, mentre una avrà potenza frigorifera nominale di 28 kW. Le unità interne saranno di diversa tipologia. Dove presente il controsoffitto saranno installate unità interne a cassetta, nelle aule unità interne canalizzate a bassa prevalenza.

La scelta di suddividere l'impianto su più pompe di calore nasce dall'esigenza di limitare la quantità di refrigerante per singolo impianto in modo da rispettare i limiti di carica previsti dalla norma UNI EN 378. Difatti, sebbene il refrigerante (R-410A) sia atossico e non infiammabile, se la sua concentrazione dovesse diventare eccessiva e, quindi, saturare l'ambiente, potrebbe portare ad asfissia. La norma UNI EN 378 prevede così che la massima carica ammissibile per il gas R-410 A per circuito dipenda dal minimo volume climatizzato. Con la suddivisione del circuito su più impianti abbiamo assicurato, per ogni circuito, una carica di circa 10 kg di Gas che comporta un volume minimo servito di 22,7 m³, che significa una superficie minima di 7 m², condizione sempre rispettata.

TIPOLOGIA IMPIANTISTICA

La tecnologia degli impianti a portata variabile di refrigerante consente di ottimizzare i consumi di energia elettrica in quanto è in grado di variare il consumo in funzione della necessità istantanea degli ambienti da climatizzare. Le macchine scelte presentano l'impiego dell'innovativa ed esclusiva tecnologia che consente di effettuare delle "iniezioni" di vapore surriscaldato a media pressione all'interno delle spirali in modo da ottenere elevati valori di **COP** per qualunque condizione esterna, fino a -25 °C. Le unità interne a cassetta hanno inclusa la pompa di sollevamento della condensa e sono forniti della tecnologia "windfree" che evita i flussi d'aria diretti e consente una diffusione uniforme dell'aria e della temperatura grazie ai 9.000 microfori presenti sulle 4 alette distributrici.

Le unità interne canalizzate verranno collegate ad una bocchetta lineare in mandata e una di ripresa 60x60 cm nel controsoffitto.

RETE DI DISTRIBUZIONE

La rete di distribuzione del fluido frigorifero sarà realizzata in rame con sezione opportuna, con tubi rivestiti con guaina isolante in elastomero sintetico estruso a cellule chiuse con coefficiente di conducibilità termica a 40 C non superiore a 0,040 W/mC e fattore di resistenza alla diffusione del vapore > 5000. Le tubazioni dovranno essere sgrassate e diossidate, adatte per pressioni di funzionamento di almeno 4200 kPa e con pressioni di scoppio non inferiore a 20.700 kPa. Gli stacchi per le unità interne saranno ottenuti attraverso giunti a Y. Le tubazioni frigorifere saranno tutte saldate, ad esclusione degli attacchi alle unità interne. La saldatura da effettuare sarà eseguita in ambiente inerte, insufflando azoto all'interno dei tubi per evitare formazioni di ossidi e impurità. Finita la formazione del circuito, l'impianto dovrà essere messo in pressione a 40 Bar per 24 ore al fine di verificare eventuali perdite e/o cedimenti nelle tubazioni. Terminata la prova di tenuta, si dovrà eseguire la messa in vuoto fino ad una pressione di 750 mTorr al fine di garantire la non presenza di umidità nel circuito.

RETE DI SCARICO CONDENSE

La condensa delle macchine interne verrà collegata ad una rete di scarico costituita da tubazione in pvc di diametro DN 50. Ogni macchina verrà collegata attraverso un sifone ispezionabile. Il sifone delle unità a parete sarà all'interno della scatola di predisposizione per l'unità interna del condizionatore.

SISTEMA DI REGOLAZIONE

E' previsto un termostato per singolo ambiente. Il termostato è di tipo a filo installato a parete. Il comando permette la regolazione della temperatura con step di 1 o 0,5 °C. Ogni unità interna sarà collegata ad un sensore di rilevazione movimento che porta il sistema in modalità di risparmio in assenza di persone in ambiente. Il sistema verrà centralizzato e controllato dalla building automation tramite pannello mini touch fornito di display touch screen capacitivo a colori da 7" e modulo di interfaccia Bacnet.

LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

La progettazione degli impianti termici è stata curata tenendo presente le leggi e norme UNI di seguito elencate:

- L. n° 10 del 09/01/1991: "Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di 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";

- D.Lgs. n° 192 del 19/08/2005 “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”
- D.M. 26 giugno 2009 – Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica degli edifici - Legge 29 gennaio 2009 – Conversione in legge Decreto anti-crisi
- LEGGE n. 447 del 26/10/1995: “Legge quadro sull’inquinamento acustico”;
- DPCM del 01/03/1991: “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”;
- DPCM 14/11/1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;
- UNI 10339 del giugno 1995. Impianti aerulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d’offerta. l’offerta, l’ordine e la fornitura.
- UNI EN 378 2017 - Impianti di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza ed ambientali
- UNI/TS 11300 1-6

3. IMPIANTO ELETTRICO

Gli interventi previsti sugli impianti comportano una integrazione dell’impianto elettrico esistente. Verranno installati due nuovi quadri elettrici Quadro Misura (QMIS) e Quadro Condizionamento (QCDZ); implementata la distribuzione principale dell’impianto elettrico al fine di alimentare il nuovo impianto di condizionamento e integrata la linea dati al fine di gestire la supervisione.

Le scelte progettuali sono state indirizzate per rendere l’impianto il più affidabile possibile cercando di isolare e minimizzare eventuali disservizi dovuti a guasti per sovraccarichi o corto circuiti, coordinando opportunamente le protezioni, ciò a vantaggio di una migliore gestione e manutenzione dell’impianto.

RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Nella redazione del presente progetto, sono state considerate come riferimento norme e leggi che regolamentano la realizzazione degli impianti elettrici. Di seguito viene fornito un elenco delle principali:

- Decreto n.37 del 22 gennaio 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.”

- Art.8, 14 e 16 della Legge 5 marzo 1990, n.46 “Norme per la sicurezza degli impianti”.
- Decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Legge 22 febbraio 2001 n. 36 - “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 “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”.
- Decreto legislativo 16 giugno 2017 n.106 “Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE”.
- norme tecniche vigenti del CEI e dell’UNI, ed in particolare CEI 64-8;
- tabelle UNI e UNEL per i materiali già unificati, gli impianti ed i loro componenti, i criteri di progetto, le modalità di esecuzione e collaudo;
- prescrizioni del committente.

ogni altra prescrizione, regolamentazione e raccomandazione emanata da eventuali Enti ed applicabile agli impianti in oggetto.

QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Ai sensi del Decreto n. 37 del 22 gennaio 2008 dovrà essere utilizzato materiale elettrico esente da difetti qualitativi e di lavorazione, costruito a regola d'arte e tale, quindi, che: sullo stesso materiale sia stato apposto un marchio che ne attesti la conformità (per esempio IMQ) ovvero abbia ottenuto il rilascio di un attestato di conformità da parte di uno degli organi competenti per ciascuno degli stati membri della Comunità Economica Europea ovvero sia munito di dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore. Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio. Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle relative norme CEI e alle tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano. Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

CAVI

Il Decreto legislativo n. 106 del 16 giugno 2017, entrato in vigore dal 9 agosto 2017, ha introdotto una nuova tipologia di cavi elettrici denominata "Cavi CPR".

I cavi CPR sono cavi per trasporto di energia e trasmissione segnali particolarmente indicati per installazioni negli edifici e in altre opere di ingegneria civile come abitazioni, edifici commerciali ed industriali, uffici, ospedali, scuole e metropolitane perché, rispondendo al più severo recente Regolamento Europeo per i Prodotti da Costruzione (CPR), garantiscono migliori prestazioni al fuoco in termini di non propagazione dell'incendio, bassa emissione di gas corrosivi ed emissione di fumi opachi.

Come prescritto dalla norma nel realizzare l'impianto qui descritto saranno utilizzati cavi CPR.

Per i cavi posati all'esterno, sebbene indicati in planimetria con la siglatura CPR, è possibile in fase di realizzazione l'utilizzo di quelli non CPR.

PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

Nell'impianto in esame per la protezione dai contatti indiretti viene utilizzata la tecnica dell'interruzione automatica dell'alimentazione, provocata per mezzo di dispositivi di protezione a corrente differenziale che, coordinati con l'impianto di terra, garantiscono un adeguato tempo di interruzione come prescritto dalle norme.

La protezione contro i contatti diretti delle parti attive, verrà garantita mediante isolamento adeguato e/o con protezioni mediante involucri e barriere aventi grado di protezione opportuno al luogo d'installazione.

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CIRCUITI ELETTRICI

Il dimensionamento dei circuiti elettrici è stato effettuato tenendo conto del carico (potenza assorbita o corrente d'impiego) di ogni circuito e calcolando, quindi, la conduttura e la rispettiva protezione in modo da soddisfare i vincoli imposti dalla norma CEI 64-8.

I cavi sono stati dimensionati in base alla loro portata, alla temperatura ambiente, al tipo di posa, alla caduta di tensione ammessa e tenendo conto di un margine di sicurezza (riserva disponibile per sviluppi futuri).

Gli interruttori di protezione dai sovraccarichi e dai cortocircuiti, invece, sono stati dimensionati considerando la portata del cavo, la corrente d'impiego, la corrente di cortocircuito massima, la corrente di cortocircuito minima, l'energia specifica passante e un margine di sicurezza (riserva disponibile per sviluppi futuri). Il potere d'interruzione dei dispositivi di protezione è naturalmente commisurato alla corrente di corto circuito presunta nel punto d'installazione. Le caratteristiche degli interruttori magnetotermici e magnetotermici differenziali, che hanno funzione di sezionamento e di protezione dai sovraccarichi dai corto circuiti e dai contatti indiretti, sono indicate negli schemi elettrici unifilari. Per garantire la continuità del servizio elettrico in caso di guasti ed una migliore gestione e manutenzione dell'impianto, le scelte progettuali sono state indirizzate nel rendere

l'impianto il più affidabile possibile cercando di isolare e quindi minimizzare eventuali disservizi dovuti a guasti localizzati per sovraccarichi o corto circuiti.

A tale scopo, sono state opportunamente coordinate le protezioni dei dispositivi, in termini di selettività di intervento.

QUADRI ELETTRICI

I quadri elettrici saranno costruiti secondo la regola della buona tecnica, in conformità alle norme CEI.

In accordo agli schemi elettrici, sui quadri saranno installate le apparecchiature di protezione dei vari circuiti che costituiscono l'impianto.

Alla base dei quadri saranno installate una barra di rame, di adeguata sezione, che ha funzione di collettore di terra, sulla quale saranno collegati i conduttori di protezione di ogni circuito ed il conduttore di terra, che a sua volta dovrà essere collegato all'impianto di terra dello stabilimento.

Le apparecchiature da quadro, contraddistinte mediante apposite targhette riportanti la stessa sigla usata negli elaborati di progetto, devono essere disposte in modo che ne risulti agevole l'accesso o la sostituzione senza smontaggio di componenti non interessati.

La marcatura dei quadri elettrici dovrà essere realizzata mediante targhetta con incise le informazioni del costruttore (nome, marchio, etc.) e del quadro (corrente nominale, frequenza, tensione nominale, grado di protezione etc.) nonché la sigla o il numero di riferimento con cui è individuato sui disegni.

Per maggiori dettagli si rimanda agli schemi elettrici unifilari.

DISTRIBUZIONE PRINCIPALE E SECONDARIA

La distribuzione avrà origine dal Quadro Elettrico Generale (QEG) esistente, ubicato al piano terra. Su questo quadro sarà installato un interruttore magnetotermico differenziale per l'alimentazione del nuovo Quadro Misura (QMIS) dove saranno montati gli interruttori per la protezione della linea di alimentazione del Quadro Condizionamento (QCDZ) e gli strumenti multifunzione deputati alla misura dell'energia consumata.

Il Quadro Misura (QMIS) sarà posizionato accanto al Quadro Elettrico Generale (QEG) esistente.

Il Quadro Condizionamento (QCDZ) nella zona uffici al piano primo .

Su tale quadro saranno installati gli interruttori che alimenteranno le unità esterne CDZ, ubicate nella copertura, le unità interne CDZ, distribuite in tutto l'edificio, e il controller BACnet CDZ per la supervisione dell'unità esterne.

I tipi e le sezioni dei cavi impiegati sono specificati negli schemi elettrici unifilari.

La distribuzione principale e secondaria all'interno del fabbricato avverrà entro passerella a fili d'acciaio e/o tubazione rigida a vista. Dette tubazioni saranno collegate ad idonee cassette di derivazione ispezionabili.

Nella copertura sarà installato un canale in acciaio zincato, completo di coperchio, che sarà collegato al Quadro Condizionamento (QCDZ) e avrà la funzione di contenere i cavi per l'alimentazione delle unità esterne di condizionamento.

Il grado di protezione dovrà essere idoneo all'ambiente ove vengono installati gli impianti. La sezione dei tubi deve essere tale da consentire un agevole introduzione dei cavi. A tale scopo come raccomandato dalla norma CEI 64-8/5 il diametro interno dei tubi deve essere almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi che contiene e, come raccomandato dalla norma CEI EN 50085-2-2 (23-104) le cassette di derivazione devono avere dimensioni tali che le giunzioni e i cavi non occupino più del 50% del volume interno.

Nel dimensionamento dei cavi si è imposto che la caduta di tensione non sia superiore al 4 %.

IMPIANTO DI TERRA

Essendo l'edificio esistente, l'impianto di terra dovrà essere unico. Si prevede pertanto di collegare le nuove utenze all'impianto di terra dell'edificio. Sarà a cura dell'installatore la verifica strumentale del valore della resistenza di terra.

Il conduttore di protezione principale che collega le masse al collettore principale di terra e i conduttori di protezione (PE) delle apparecchiature elettriche saranno realizzati con cavo di colore giallo-verde.

All'impianto di terra, come prescritto dalla norma CEI 64-8, andranno collegate tutte le parti conduttrici (masse), facenti parte di componenti elettrici, che possono essere toccate normalmente perché isolate, ma che potrebbero trovarsi in tensione a causa del cedimento dell'isolante principale. Inoltre a tale impianto dovranno essere collegate tutte le parti conduttrici che non fanno parte dell'impianto elettrico (masse estranee), in grado di introdurre un potenziale estraneo. Operando in questa maniera si viene a garantire il requisito fondamentale della protezione e cioè l'equipotenzialità delle masse che essendo collegate allo stesso impianto di terra non possono determinare differenze di potenziale pericolose. Quindi al collettore di terra dovranno essere attestati i conduttori principali di protezione o montanti (PE principali) collegati ai conduttori di protezione diramati (PE), i conduttori equipotenziali principali collegati alle masse estranee (condutture dell'acqua, strutture metalliche, serbatoi, etc.).

VERIFICHE

Come prescrive la norma CEI 64-8/6 durante la realizzazione e/o alla fine l'impianto elettrico deve essere esaminato a vista e provato per verificare che le prescrizioni dettate dal presente progetto e dalle norme CEI siano state rispettate. A tale scopo l'installatore deve effettuare tutti gli esami a vista e le tutte le prove necessarie per verificare la corretta installazione dell'impianto. necessarie per verificare la corretta installazione dell'impianto.

4. ILLUMINAZIONE A LED

I corpi illuminanti a tecnologia tradizionale presenti nella scuola Gaetano Ponte verranno sostituiti con più performanti ed efficienti apparecchi illuminanti a LED. Sono state individuate diverse tipologie di apparecchi illuminanti a LED in funzione dell'ambiente in cui verranno ubicati: corpi illuminanti LED 600x600 mm 48 W 4800 lumen 4000 K CRI 80 IP40 tipologia Darklight con UGR<19, adatti per i luoghi di studio e lavoro, con installazione a plafone nelle aule e negli uffici; corpi illuminanti LED 600x600 mm 40 W 4000 lumen 4000 K IP40 installati incassati a controsoffitto negli ambienti comuni quali corridoi, atri; proiettori LED Ø 462 125 W 18560 lumen 4000 K IP66 nella palestra; corpi illuminanti LED Ø 220 mm 22 W 2000 lumen 4000 K IP20 negli antibagni e corpi illuminanti LED Ø 220 mm 15 W 1400 lumen 4000 K IP20 nei locali WC nella stessa posizione di quelli esistenti. I calcoli illuminotecnici sono stati effettuati secondo quanto previsto dalla UNI EN 12464-1 rispettando i valori di illuminamento medio (E_m) e uniformità ($U_0=E_{min}/E_m$) richiesti per ogni tipologia di ambiente oggetto di interesse. I calcoli sono stati realizzati per le differenti tipologie di ambiente (aula, ufficio, corridoio, atrio, palestra) e la disposizione dei corpi illuminanti ottenuta verrà prevista in tutti i locali della stessa categoria. Nella tabella a seguire i valori dei parametri illuminotecnici previsti dalla UNI EN 12464-1 per gli ambienti presi in esame.

Num. Riferimento UNI EN 12464-1	Tipo di zona	E_m	UGR _L	U_0	R_a
5.36.1	Aule scolastiche	300	19	0,60	80
5.36.16	Ingressi	200	22	0,40	80
5.36.17	Zone di circolazione, corridoi	100	25	0,40	80
5.3.24	Palestre	300	22	0.60	80
5.26.2	Scrittura, dattilografia, lettura, elaborazione dati	500	19	0,60	80

A seguire i calcoli illuminotecnici.