

UNIVERSITA' TELEMATICA "E-Campus"

Facoltà di ingegneria

Corso Di Laurea in industriale termomeccanico

TITOLO:

Progettazione impianti elettrici ed efficientamento energetico
Case Study Campo Comunale di Seclì

Relatore: **Infante Gennaro**

Correlatore: **Carpino Giulio**

Tesi di Laurea di:

Giorgio Mazzei

Matricola numero: **00141372**

Anno Accademico **2022/ 2023**

Indice

Introduzione

1. Stato dell'arte e riferimenti normativi

1.1. Analisi e Valutazione rischi contro le scariche atmosferiche

- 1.1.1. Definizioni
- 1.1.2. Valutazione del rischio fulminazione
- 1.1.3. Determinazione del rischio di perdite
- 1.1.4. Frequenza di danno

1.2. Impianto elettrico

- 1.2.1. Metodi di calcolo
- 1.2.2. Dimensionamento condutture
- 1.2.3. Protezioni

1.3. Illuminotecnica

- 1.3.1. Definizioni
- 1.3.2. Grandezze Illuminotecniche
- 1.3.3. Metodi di calcolo

1.4. Impianto fotovoltaico

- 1.4.1. Definizioni
- 1.4.2. Criteri generali di progetto
- 1.4.3. Specifiche di installazione

2. Inquadramento intervento

- 2.1. Territorio e consistenza

2.2. Caratteristiche tecniche della Struttura

2.3. Descrizione degli interventi

2.4. Scelte e obiettivi progettuali

3. Stato di Progetto

3.1. Analisi e Valutazione rischio contro le scariche atmosferiche

3.2. Studio illuminotecnico

3.3. Impianto elettrico

3.4. Impianto fotovoltaico

Conclusioni

Bibliografia e Normative Vigenti

Appendice A: “Norme Coni”

Appendice B: “Dati Verifica illuminotecnica”

Appendice C:” Simboli e abbreviazioni dei coefficienti per la valutazione delle scariche atmosferiche”

Appendice D: “Schema Unifilare Quadro Elettrico Principale”

Introduzione

Il presente lavoro di tesi ha riguardato lo studio e la progettazione per la riqualificazione ed efficientamento energetico del campo comunale di Seclì, dove l'amministrazione comunale attraverso bando pubblico ha intrapreso un progetto di ripresa di diversi luoghi destinati alla propria comunità, tra cui il campo comunale, oggetto di tale tesi.

Nel capitolo primo si riporta lo stato dell'arte e i riferimenti normativi, in particolar modo si enunciano le linee guida e riferimenti normativi che devono essere presi in questione per effettuare lo studio e la progettazione dell'impianto elettrico vero e proprio, passando prima dalla verifica sulle scariche atmosferiche e dalla verifica illuminotecnica, necessarie per improntare lo studio di progettazione finale sul sistema elettrico.

Nel secondo capitolo vi è lo stato di fatto dell'impianto sportivo, e il contesto in cui esso è collocato.

Il capitolo terzo invece è completamente dedicato allo stato di progetto dove si potrà notare nel dettaglio come si è arrivato alle scelte e agli obiettivi progettuali finali sulla base delle verifiche sul rischio delle scariche atmosferiche e sulla base dello studio illuminotecnico, per poi passare al dimensionamento dell'impianto elettrico rispettando tutte le normative vigenti e trovando le migliori soluzioni per efficientare energeticamente e in modo ottimale il plesso in questione, improntando tale progetto sul green e sul rispetto dell'ambiente, e contestualmente di limitare i consumi energetici sulla fornitura e contrastare il caro bolletta.

Infine, sono riportate le conclusioni alle quali siamo arrivati dopo lo studio e le varie verifiche effettuate ed indicando le relative soluzioni trovate.

Capitolo primo

Stato dell'arte e riferimenti normativi

Nel presente capitolo si affronteranno i temi sulla progettazione degli impianti elettrici, con particolare attenzione agli aspetti inerenti alla sicurezza sulla struttura, attrezzature e/o sistemi annessi e sugli utenti, nonché il dimensionamento delle varie componenti che compongono gli impianti stessi.

1.1. Analisi e Valutazione rischi contro le scariche atmosferiche

Gli impianti in questione sono stati progettati e dovranno essere eseguiti a regola d'arte, come esplicitato dalle normative vigenti e, in particolare, dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37, per questo motivo prima di procedere alla progettazione dell'impianto elettrico come buona norma si devono eseguire le dovute valutazioni sul rischio correlato alle scariche atmosferiche e le possibili conseguenze che ne possono scaturire.

Per effettuare lo studio in questione si devono prendere in considerazione le normative **CEI EN 62305-2⁽¹⁾**, **CEI 81-10/1⁽³⁾**, **CEI 81-10/2⁽⁴⁾** che esplicitano tutte le indicazioni necessarie per effettuare le verifiche e le analisi sulla Protezione contro il fulmine in particolar modo specificando la "Valutazione del rischio".

Per ulteriori aggiornamenti e il calcolo della frequenza di danno si deve fare riferimento alla guida **CEI 81-29⁽²⁾** che racchiude tutte le "Linee guida per l'applicazione delle Norme **CEI EN 62305⁽¹⁾**".

1.1.1. Definizioni

Qui di seguito si troveranno indicate una serie di definizioni che rappresentano i fattori essenziali e fondamentali da prendere in considerazione durante il nostro studio e che ci aiutano meglio a capire la materia in oggetto e soprattutto ci permettono di eseguire una giusta e corretta analisi di rischio.

- Il **LEMP** (Lightning Electromagnetic Pulse) viene definito come l'impulso elettromagnetico del fulmine comprendente tutti gli effetti elettromagnetici della corrente del fulmine (impulsi o fenomeni elettromagnetici).
- Il livello di protezione, viene indicato con l'acronimo **LPL**, ed indica la probabilità che i valori di massimo e minimo di progetto non vengano superati.
- Il termine **LP** esprime la protezione contro il fulmine, costituito solitamente da un LPS e SPM, sistema utilizzato per la protezione contro il fulmine e in particolar modo per proteggere le strutture, gli impianti e le persone all' interno.
- Mentre **Z_s**, indica la zona o parte di una struttura, per la quale possono essere utilizzati una serie di parametri per valutare una componente di rischio.
- La sigla **S_L** invece indica la sezione o una parte di una linea, con caratteristiche omogenee, per la quale può essere usato un gruppo unico di parametri per la valutazione di una componente di rischio.
- **LPS** sta per Lightning Protection System, esso comprende il sistema di protezione contro il fulmine, usato per ridurre il danno materiale causato da fulminazione diretta.
- Con il termine **SPM** invece, si indicano le misure di protezione degli impianti interni contro il LEMP.
- L' **SPD** è un limitatore di sovratensione, più precisamente un dispositivo/componente che limita le sovratensioni e scarica le correnti impulsive e viene indicato in base ai livelli di protezione.
- Infine va considerato, il nostro protagonista principale, ossia il **fulmine**, oggetto di possibili guasti e danni, per il quale va considerato anche la sua caduta che può essere sulla struttura, in prossimità di essa, sulla linea connessa o in prossimità della linea che colpisce tanto vicino da generare sovratensioni pericolose e quando si parla di **danni ad esseri viventi**, è inclusa anche la perdita di vita ad uomini

o animali per elettrocuzione provocata da tensioni generate dal fulmine.

1.1.2. Valutazione del rischio fulminazione

Le normative inerenti a questa materia sono la **CEI EN 62305-2⁽¹⁾** e la **CEI 81-10/2⁽⁴⁾** che specificano le linee guida per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione ed indicano le misure e i sistemi di protezione, se necessari, da realizzare per ridurre il rischio a valori non maggiori a quelli considerati tollerabili dalle norme.

Per questo motivo qui di seguito definiremo il significato di sorgente, danno, perdita e rischio e le loro relative classificazioni, fattori che sono fondamentali per questa verifica.

La corrente di fulmine è ovviamente la principale sorgente di danno, essa è definita **sorgente di rischio**, e può essere classificata in base al punto d'impatto del fulmine in:

- Fulmine sulla struttura: (S1)
- Fulmine in prossimità della struttura: (S2)
- Fulmine su una linea: (S3)
- Fulmine in prossimità di una linea: (S4)

Un fulmine può causare diverse tipologie di danni in funzione delle caratteristiche della struttura da proteggere.

In particolar modo, nella realtà pratica è utile distinguere tra le tre tipologie di danno, che possono dimostrarsi conseguenze di una fulminazione come riferito dalle norme **CEI 81-10/3⁽⁵⁾** e **CEI 81-10/3⁽⁶⁾**.

I tipi di **danno** si distinguono in:

- Danno ad esseri viventi: (D1)
- Danno materiale: (D2)
- Guasto di impianti elettrici ed elettronici: (D3)

Ogni tipo di danno, in modo autonomo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite nella struttura da proteggere. Il tipo di perdita che ne scaturisce dipende dalle caratteristiche della struttura stessa, dalla destinazione di uso e dal suo contenuto.

I tipi di **perdita** sono quattro e sono di seguito elencati:

- Perdita di vite umane (compreso danno permanente): (L1)
- Perdita di servizio pubblico: (L2)
- Perdita di patrimonio culturale insostituibile: (L3)
- Perdita economica: (L4)

Successivamente, una volta definito le tipologie di sorgente, danno e perdita occorre individuare il **rischio "R"**, il quale rappresenta la misura della probabile perdita annua.

Su una struttura ovviamente si possono verificare una o più tipologie di perdite, (sopra indicate) per ognuna di essa si può identificare il relativo tipo di rischio come indicato qui di seguito:

- Rischio di perdita di vite umane: (R1)
- Rischio per perdite sul servizio pubblico: (R2)
- Rischio per perdite sul patrimonio culturale: (R3)
- Rischio di perdita economica: (R4)

Una volta individuato e definito le sorgenti, i danni, le perdite e i rischi, è necessario comprendere se una struttura è autoprotetta, protetta o da proteggere, quindi va preso in considerazione un parametro importante che è il **rischio tollerabile R_T** .

Quindi possiamo procedere a classificare i vari tipi di rischio in base alle perdite e al valore corrispondente:

- Il rischio tollerabile per perdite di vite umane o riferito a danni permanenti sulla struttura è: $R_T = 10^{-5} \text{ anni}^{-1}$

- Mentre il rischio tollerabile per perdite legate al servizio pubblico è:

$$R_T = 10^{-3} \text{ anni}^{-1}$$

- Infine il rischio tollerabile per perdite riferite al patrimonio culturale insostituibile è: $R_T = 10^{-4} \text{ anni}^{-1}$

Per una corretta valutazione del rischio (R_1, R_2, R_3, R_4) si deve procedere a:

- determinare le singole componenti $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$ e R_Z che rappresentano ciascun tipo di rischio;
- ricavare il corrispondente valore del rischio R_x ;
- mettere a confronto la sommatoria dei rischi R_x con quello tollerabile R_T (tranne per R_4).

Tabella 1. Tabella delle varie tipologie di danno, rischio e sorgente

Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
R_1	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R_2	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R_3	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R_4	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI

(1) Per strutture con rischio di esplosione, di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano imminenti ed ingenti pericoli per la vita umana

(2) Soltanto in strutture interessate alla perdita di animali

Per ciascuna tipologia di rischio devono essere effettuati i seguenti passi (rappresentati nello schema qui di seguito rappresentato):

- calcolo delle componenti R_x che contribuiscono al rischio;
- identificazione della componente di rischio R_x ;
- identificazione del rischio totale R ;
- calcolo del rischio tollerabile R_T ;
- confronto del rischio R con quello tollerabile R_T .

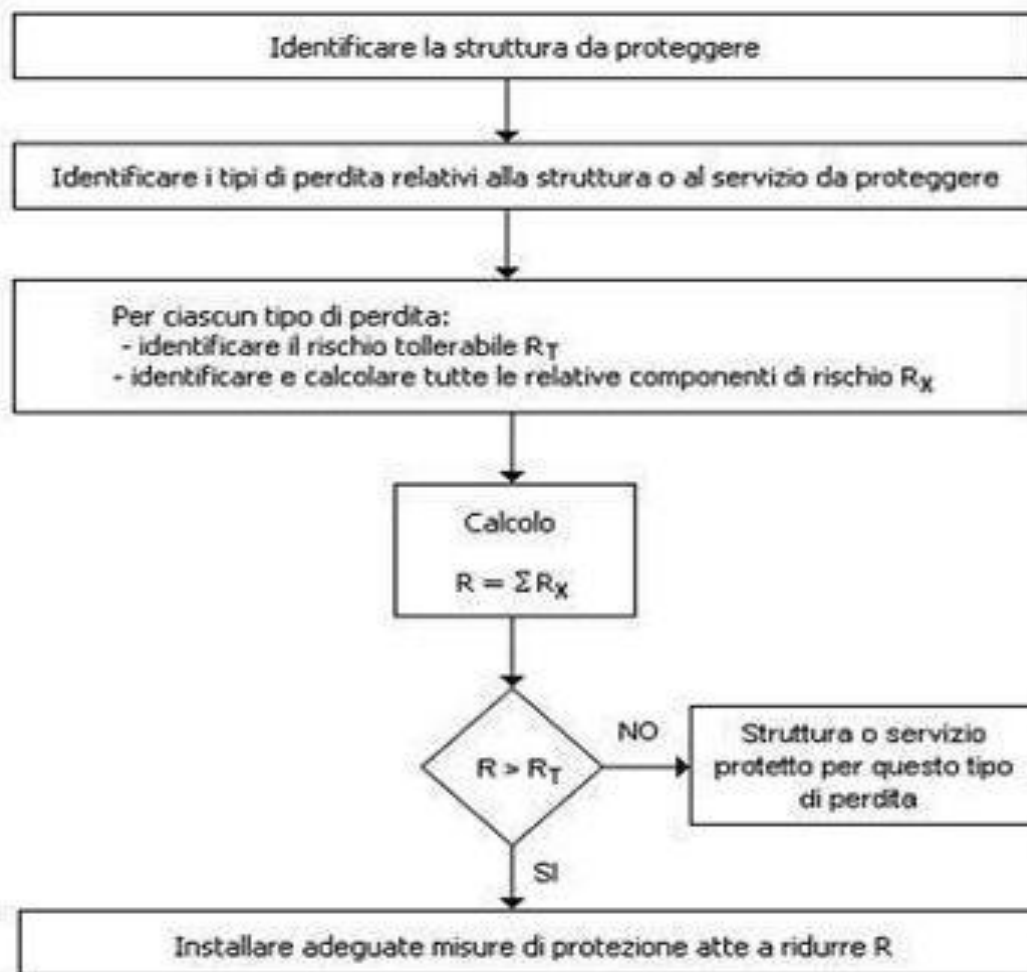


Figura 1. Grafico del Rischio tollerabile

Quindi si può affermare che:

- Per $R_X \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria.
- Per $R_X > R_T$ devono essere prese in esame misure di protezione al fine di rendere $R_X \leq R_T$ per tutti i rischi a cui è interessata la struttura.

Per quanto riguarda il rischio R_4 , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio, bisogna eseguire la valutazione della convenienza economica della protezione, questo è possibile confrontando il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

Oltre ad indentificare e calcolare tutti i rischi singoli e relazionarli con il rischio tollerabile RT, e prima ancora raggruppare i rischi secondo la sorgente e il tipo di danno, come indicato dalla tabella 1, si può prendere in considerazione e quindi sfruttare la seguente equazione generale che ci permette di calcolare ciascuna delle componenti di rischio:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X$$

Dove:

N_X è il numero di eventi pericolosi [Allegato A, CEI EN 62305-2] ⁽²⁾.

P_X è la probabilità del danno strutturale [Allegato B, CEI EN 62305-2] ⁽²⁾.

L_X è la perdita conseguente [Allegato C, CEI EN 62305-2] ⁽²⁾.

Qui di seguito verranno definiti tutte le componenti di rischio, con le relative equazioni e fattori utilizzati per il calcolo.

La **componente di rischio R_A** si riferisce ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di passo e di contatto in zone fino a 3 metri dal suolo esternamente alla struttura. Quindi possono verificarsi perdite di tipo L1 ossia perdite di vite umane, e in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4, cioè perdite di tipo economiche con possibile perdita di animali, la formula che rappresenta ed indica ciò è la seguente:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

In cui:

- Il termine **R_A** è la componente di rischio che prende in esame i danni ad esseri viventi causati da fulmine diretto sulla struttura;
- Mentre **N_D** è il numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura;
- Invece **P_A** indica la probabilità di danno ad esseri viventi;
- Infine **L_A** è la perdita per danno ad esseri viventi.

La **componente di rischio R_B** comprende i danni materiali causati o derivanti da scariche atmosferiche pericolose all'interno della struttura, che possono produrre incendi ed esplosioni.

Per questa componente di rischio si possono verificare tutti i tipi di perdite: di vite umane, di servizio pubblico, di patrimonio culturale, e perdite economiche.

La formula che indica quanto detto è la seguente:

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

dove:

- **R_B** è la componente di rischio che indica il danno materiale alla struttura con fulmine diretto sulla struttura;
- **N_D** ovviamente è il numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura;
- **P_B** esprime sempre la probabilità di danni materiali in una struttura, considerando sempre il fulmine sulla struttura;
- **L_B** invece è la perdita per danno materiale in una struttura, generata da un contatto diretto del fulmine sulla struttura.

La **componente di rischio R_C** invece indica il guasto di impianti interni causata dal LEMP, cioè dall'impulso elettromagnetico del fulmine.

In questo caso si possono verificare perdite di tipo L2, ossia perdita di servizio pubblico, e perdite di tipologia L4 quindi di perdita economica, unite al rischio L1 legato a perdite di vite umane, nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali, cliniche o di qualsiasi struttura in cui il guasto degli impianti interni potrebbe provocare pericolo imminente per la vita umana.

La formula da prendere in considerazione è:

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

Per questa componente di rischio siamo sempre in regime di fulmine diretto sulla struttura, dove:

- **R_C** è la componente di rischio su guasto di apparati del servizio;

- Con **N_D** andiamo ad indicare il numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura;
- Mentre con **P_C** si va ad esprimere la probabilità di guasti su un impianto interno;
- Infine con **L_C** indichiamo la perdita per guasti sempre per un impianto interno.

La **componente di rischio R_M**, è molto simile alla componente R_C perché si riferisce sempre al guasto di impianti interni causata dal LEMP ma la differenza è che si riferisce alla caduta di fulmini in prossimità della struttura. Si possono verificarsi le stesse perdite della componente sopra citata ossia si possono avere perdite di tipo L2, L4 ,L1.

Tutto ciò può essere indicato con l'espressione:

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

Esplicitiamo meglio i quattro indici inclusi nella formula:

- La componente di rischio **R_M** come la componente R_C esprime il rischio su guasto di impianti interni;
- Invece **N_M** è l'indice che rappresenta il numero di eventi pericolosi per fulminazione;
- Inoltre **P_M** è il fattore della probabilità di guasto di un impianto interno;
- Il terzo termine dell'equazione **L_M** indica la perdita per guasto di un impianto interno.

La quinta **componente di rischio, R_U**, invece si riferisce a danni ad esseri viventi causati da tensioni di contatto internamente alla struttura derivanti dalla corrente di fulmine entrante nella linea della struttura.

In questo caso si possono verificare perdite di tipo L1 e, in strutture ad uso agricolo, anche perdite di tipologia L4 con possibile perdita di animali.

Quanto enunciato è espresso dalla formula:

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

Per questa situazione si prende in considerazione i rischi del fulmine sul servizio, dove:

- R_U è la componente di rischio riferita a danni ad esseri viventi;
- N_L esprime il numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio;
- N_{DJ} indica il numero di eventi per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea.
- P_U esplicita la probabilità di danno ad esseri viventi;
- L_U considera la perdita per danni ad esseri viventi.

Continuando ad analizzare gli effetti di un fulmine sul servizio connesso dobbiamo prendere in considerazione anche la **componente di rischio R_V** che si riferisce prettamente a danni materiali come incendi o esplosioni generati da scariche atmosferiche altamente pericolose fra parti metalliche e installazione esterne alla struttura, causate da corrente di fulmine iniettata trasmessa attraverso il servizio entrante solitamente nel punto d'ingresso della linea nella struttura.

Possono verificarsi per questa componente tutti i tipi di perdita, come indicato dalla formula:

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

Quindi avremo:

- il componente di rischio: R_V ;
- il numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio: N_L ;
- il numero di eventi causati da fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea: N_{Da} ;
- la probabilità di danno materiale nella struttura: P_V ;
- la perdita per danno materiale nella struttura: L_V .

Come le componenti R_U e R_V anche la **componente di rischio R_W** si riferisce a danni per fulmini sul servizio connesso ed esprime i guasti di impianti interni innescati da sovratensioni indotte sulla linea e poi trasmesse alla struttura.

Anche in questo caso si possono verificare perdite di tipo L2 e L4, unitamente al rischio L1 quando siamo nel caso di strutture con rischio di esplosione e/o

di altre strutture in cui il possibile guasto degli impianti interni provoca imminente pericolo per la vita umana.

Questa situazione è racchiusa nell' espressione di calcolo:

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

Quindi possiamo definire come:

- **R_W** il componente di rischio legato al danno degli apparati interni alla struttura;
- **N_L** il numero di eventi che dannosi causati da fulminazione sul servizio;
- **N_{Da}** invece il numero di eventi pericolosi/dannosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea;
- **P_W** indice che rappresenta la probabilità di guasto di un impianto interno;
- **L_W** la perdita per guasti di impianti interni.

Infine l'ultima **componente di rischio**, **R_Z** è una componente relativa a guasti di impianti interni causati da sovratensioni sulla linea e trasmesse alla struttura, più precisamente si riferisce a danni provocati su impianti interni da fulmine in prossimità di un servizio connesso.

Le perdite sono simili alla componente **R_W**, mentre la formula di riferimento è:

$$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$$

Per cui avremo:

- la componente di rischio rappresentata da **R_Z**;
- il numero di eventi pericolosi per fulminazione nei pressi del servizio indicato con **N_I**;
- la probabilità di guasti su impianti interni espresso con la sigla **P_Z**;
- la perdita per guasto di un impianto interno indicata con l'acronimo **L_Z**.

1.1.3. Determinazione del rischio di perdite

I **rischi di perdite** sono classificabili in quattro tipi che comprendono sia perdite del fattore umano sia perdite di patrimonio e sia perdite economiche.

La determinazione del **rischio di perdite di vite umane (R1)** prende in considerazione ovviamente la perdita di vite umane ed è determinato come somma delle componenti di rischio esplicitate nel precedente paragrafo.

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_Z^{(1)}$$

(1) Solo per strutture con rischio di esplosione, o di altre strutture in cui guasti su impianti interni provocano pericolo per la vita umana.

Mentre la determinazione del **rischio di perdite di servizio pubblico (R2)** comprende i rischi legati alle perdite di servizio pubblico ed è definito dalla seguente formula:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

Per quanto riguarda la determinazione del **rischio di perdite di patrimonio culturale (R3)** esso include le perdite di patrimonio culturale insostituibile ed è dato dalla formula:

$$R_3 = R_B + R_V$$

Infine la determinazione del **rischio di perdita economica (R4)** prende in esame i rischi di perdita correlati all'aspetto economico, la formula che lo indica è la seguente:

$$R_4 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U^{(1)} + R_V + R_W + R_Z$$

1.1.4. Frequenza di danno

Le frequenze di danno come i vari tipi di sorgente, danno e perdite sono di quattro tipi e sono qui di seguito classificate:

- F_{S1} è la frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1).

- F_{S2} è la frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2).
- F_{S3} è la frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti della struttura (sorgente S3)
- F_{S4} è la frequenza di danno causata alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti della struttura (sorgente S4)

La frequenza di danno F rappresenta ed indica il numero di volte in un anno che un fulmine può causare danno ad una apparecchiatura di un impianto interno e si valuta secondo la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S3} + F_{S4}$$

se i circuiti sono collegati ad una linea esterna all'edificio, si adotta invece la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S2}$$

per i circuiti stand-alone o collegati ad una linea esterna all'edificio tramite una interfaccia isolante, si utilizzano le formule per il calcolo di queste frequenze parziali:

$$F_{S1} = N_D \times P_C$$

$$F_{S2} = N_M \times P_M$$

$$F_{S3} = (N_L \times N_{DJ}) \times P_W$$

$$F_{S4} = N_I \times P_Z$$

La frequenza di danno tollerabile definita F_T esprime il massimo valore della frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni di una struttura, tali valori devono essere fissati dal proprietario o dal gestore della struttura che ne sono i responsabili assoluti.

Bisogna sempre tenere in considerazione che tale valore, secondo la guida **CEI 81-29**⁽²⁾, dovrebbe essere 0.1, e, in ogni caso, inferiore ad 1.

1.2. Impianto elettrico

In questo paragrafo andremo ad introdurre i metodi di calcolo necessari per sviluppare e progettare il sistema elettrico, rispettando i dovuti riferimenti normativi come ad esempio la **(CEI 64-8⁽⁷⁾)**, naturalmente prendendo in considerazione tutti i parametri necessari e utili per un corretto dimensionamento dell'impianto elettrico, come la corrente di impiego I_b , la caduta di tensione ΔV_c , la corrente di corto circuito, il dimensionamento dei conduttori di fase e neutro come da **CEI 11-17⁽⁹⁾** e **CEI UNEL 35026⁽⁸⁾**, e i conduttori di protezione come da **CEI 64-12⁽⁸⁾**.

Questi valori e le procedure a regola d'arte per svilupparli e calcolarli sono necessari per individuare i relativi dispositivi di protezione contro il sovraccarico, corto circuito e i contatti indiretti e sono fondamentali anche per la scelta del tipo di interruttore a servizio degli utilizzatori o utenze finali, che andranno a comporre il quadro BT principale come suggerito dalle norme **CEI 17-113⁽¹⁰⁾**, **CEI 17-114⁽¹¹⁾**.

1.2.1 Metodi di calcolo

Illustriamo qui di seguito i parametri ed i coefficienti insieme alle modalità di calcolo dei circuiti che ci porteranno alla scelta delle protezioni, in accordo a quanto previsto dalle norme sopra riportate.

Per **corrente di impiego I_b** si intende la corrente che bisogna utilizzare per la definizione delle caratteristiche degli elementi di un determinato circuito.

Quando ci si trova in regime permanente essa corrisponde alla più grande potenza trasportata dal circuito in servizio ordinario, e tiene conto in maniera importante dei fattori di utilizzazione (K_u) e di contemporaneità (K_c).

Mentre in regime variabile quando si tratta di I_b si deve considerare la corrente termicamente equivalente che in regime continuo porterebbe gli elementi del circuito alla stessa temperatura.

Quando si deve ricavare il valore efficace della corrente di impiego I_b per i circuiti terminali, si può ricavare dalla seguente relazione:

$$I_b = (K_u \cdot P) / (k \cdot V_n \cdot \cos \varphi) \quad [A]$$

Dove avremo:

- il coefficiente k pari ad 1 per quanto riguarda i circuiti monofase o a $\sqrt{3}$ per circuiti trifase
- il coefficiente di utilizzazione K_u della potenza nominale di ciascun carico con un valore compreso da (0..1)
- la potenza totale dei carichi P con unità di misura in (W).
- il valore efficace della tensione nominale del sistema definito V_n con unità di misura in (V).
- il fattore di potenza: $\cos \varphi$.

Invece se fossimo davanti ad un caso di circuiti di distribuzione che alimentano più circuiti derivati e che non tutti potrebbero essere di tipo terminale utilizzeremo la seguente formula di calcolo:

$$I_b = K_c \cdot (I_{d,1} + \dots + I_{d,n}) \quad [A]$$

In cui definiremo:

- come coefficiente di contemporaneità dei circuiti derivati contemporaneamente utilizzati: K_c ;
- mentre come fasore della corrente del j -mo circuito derivato: $I_{d,j}$.

Prendendo in esame la **caduta di tensione** in un cavo bisogna considerare ed utilizzare le formule qui di seguito illustrate:

$$\Delta V_c = k (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot L \cdot I_b \quad [V]$$

$$\Delta V_c \% = \Delta V_c / V_n \quad [V]$$

In cui:

- ΔV_c esprime la caduta di tensione del cavo, con unità di misura in [V];
- V_n è la tensione nominale sempre espressa in [V];
- k è un coefficiente che assume il valore di “2” per circuiti monofase e “ $\sqrt{3}$ ” per circuiti trifase;
- R indica la resistenza specifica del cavo misurata in [Ω/m];
- X esprime la reattanza specifica del cavo misurata in [Ω/m];
- L è la lunghezza del cavo indicata in [m];
- Mentre I_b indica la corrente di impiego espressa in [A].

Mentre il valore efficace di I_{cc} , ossia la **corrente di corto circuito** nel punto di guasto può essere definito come:

$$I_{cc} = V_n / (k Z_{cc}) \quad [A]$$

In cui Z_{cc} rappresenta l'impedenza complessiva della linea a monte nel punto considerato del sistema.

In tutti i sistemi di distribuzione TT, per descrivere la linea a monte del punto di consegna sono richiesti i valori presunti della corrente di corto circuito trifase ($I_{cc,tr}$) insieme alla corrente di corto circuito fase-neutro ($I_{cc,f-n}$) forniti dall'ente erogatore di energia elettrica secondo la norma **CEI 11-25**⁽¹³⁾.

Per ottenere l'impedenza totale della rete sempre a monte del punto di consegna si deve prendere in esame il valore di corrente di corto circuito trifase ($I_{cc,tr}$) attraverso la seguente formula :

$$Z_{of} = V_n / \sqrt{3} \cdot I_{cc,tr} \quad [\Omega]$$

Per quanto riguarda la resistenza e la reattanza si ottengono per mezzo del fattore di potenza in corto circuito $\cos\phi_{cc}$ e quindi si possono utilizzare le due relazioni di seguito:

$$R_{of} = Z_{of} \cdot \cos \varphi_{cc} \quad [\Omega]$$

$$X_{of} = Z_{of} \cdot \sin \varphi_{cc} = \sqrt{(Z_{of}^2 - R_{of}^2)} \quad [\Omega]$$

Di seguito è riportata la tabella in cui sono presenti i valori di $\cos \varphi_{cc}$ in funzione del valore di I_{cc} :

Tabella 2. Tabella del coefficiente di corto circuito in relazione della corrente I_{cc} (CEI EN 60947-2)

I_{cc} (kA)	$\cos \varphi_{cc}$
$I_{cc} \leq 1.5$	0.95
$1.5 < I_{cc} \leq 3$	0.9
$3 < I_{cc} \leq 4.5$	0.8
$4.5 < I_{cc} \leq 6$	0.7
$6 < I_{cc} \leq 10$	0.5
$10 < I_{cc} \leq 20$	0.3
$20 < I_{cc} \leq 50$	0.25
$50 < I_{cc}$	0.2

Per il calcolo della somma delle impedenze di fase e di neutro a monte del punto di consegna bisogna analizzare il valore di $I_{cc,f-n}$, esso è fondamentale per ricavare il calcolo della corrente di corto circuito in caso di guasto fase-neutro in un punto qualunque del sistema come si dimostra dall' espressione seguente:

$$Z_{ofn} = V_n / \sqrt{3} \cdot I_{cc,f-n} \quad [\Omega]$$

Dal risultato di questa formula si possono ricavare le componenti resistive e reattive tramite le due formule enunciate di seguito:

$$R_{ofn} = Z_{ofn} \cdot \cos \varphi_{cc} \quad [\Omega]$$

$$X_{ofn} = Z_{ofn} \cdot \sin \varphi_{cc} = \sqrt{(Z_{of}^2 - R_{of}^2)} \quad [\Omega]$$

Invece le correnti di corto circuito (I_{cc}) considerando nel punto di guasto possono essere calcolate con le seguenti tre formule:

$$\text{- } I_{cc} \text{ trifase: } I_{cc,tr} = V_n / \sqrt{3} \cdot \sqrt{((R_{of} + R_l)^2 + (X_{of} + X_l)^2)} \quad [A]$$

$$\text{- } I_{cc} \text{ fase-fase: } I_{cc,f-f} = V_n / 2 \cdot \sqrt{((R_{of} + R_l)^2 + (X_{of} + X_l)^2)} \quad [A]$$

$$\text{- } I_{cc} \text{ fase-neutro: } I_{cc,f-n} = V_n / \sqrt{3} \cdot \sqrt{((R_{ofn} + R_l + R_n)^2 + (X_{ofn} + X_l + X_n)^2)} \quad [A]$$

Per cui :

- R_l e X_l indicano rispettivamente la resistenza e la reattanza totale del conduttore di fase fino al punto di guasto queste due grandezze sono espresse in ohm.
- Mentre le grandezze R_n e X_n esprimono rispettivamente la resistenza e la reattanza totale del conduttore di neutro fino al punto di guasto, espresso sempre in ohm.

Quando si parla di corrente di corto circuito bisogna distinguere tra corrente di corto circuito massima e minima.

La **corrente di corto circuito massima** si ricava nelle condizioni in cui si originano i valori più elevati, ossia:

- all'origine della linea, quando l'impedenza a monte è minima;
- prendendo in considerazione il guasto di tutti i conduttori quando la linea è costituita da più cavi in parallelo;

La massima corrente di corto circuito si ha per guasto trifase simmetrico $I_{cc,tr}$.

La **corrente di corto circuito minima** si ricava nelle condizioni in cui si originano i valori più bassi e quindi:

- alla fine della linea quando l'impedenza a monte è massima;

- prendendo in esame i guasti che riguardano un solo conduttore per più cavi in parallelo;

La corrente di cortocircuito minima si ha per guasto monofase $I_{cc,f-n}$ o bifase $I_{cc,f-f}$.

1.2.2. Dimensionamento condutture

Per dimensionare una conduttura bisogna partire dall'art. 25.5 della norma **CEI 64-8⁽⁷⁾** e dalla **CEI UNEL 35026⁽⁸⁾**.

Sulla base di queste normative si può affermare che la portata di un cavo, indicata convenzionalmente con I_z , deriva:

- dagli elementi che influiscono sullo scambio termico tra il cavo e l'ambiente circostante.
- dalla capacità dell'isolante a tollerare una determinata temperatura;
- dai parametri che incidono sulla produzione del calore, come la resistività e la sezione del conduttore;

Quindi, per un corretto dimensionamento del cavo, si devono verificare che:

$$I_z \geq I_b$$

$$\Delta V_c \leq \Delta V_M$$

La regola tecnica definisce che la caduta di tensione massima ammissibile ΔV_M per il cavo deve essere entro il 4% della tensione di alimentazione.

Questi tre parametri inclusi nelle due espressioni sopra sono essenziali per il dimensionamento di qualsiasi conduttura in questione.

Come convenzionalmente stabilito il **conduttore di neutro** per buona norma deve presentare la stessa sezione dei conduttori di fase nei seguenti casi:

- nei circuiti monofase a due fili, qualunque sia la sezione dei conduttori;
- nei circuiti trifase quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore od uguale a 16 mm² per i conduttori in rame, od a 25 mm² per quelli in alluminio.

Più precisamente il conduttore di neutro può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:

- la corrente massima I_{max} , che si prevede circolare nel conduttore di neutro durante il servizio, non sia maggiore della corrente ammissibile in relazione alla sezione ridotta del conduttore stesso;
- la sezione del neutro sia almeno uguale a 16 mm^2 se in rame oppure a 25 mm^2 se in alluminio.

Inoltre bisogna sempre tenere in considerazione che la corrente che fluisce nel circuito nelle condizioni di servizio ordinario deve essere praticamente equilibrata tra le fasi.

Inoltre la regola tecnica prevede che il conduttore di neutro deve essere protetto contro le sovracorrenti in accordo con quanto prescritto dall'articolo 473.3.2 della norma **CEI 64-8⁽⁷⁾** in particolar modo:

- non è richiesto normativamente e non è necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro né un dispositivo di interruzione sullo stesso conduttore, quando la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale o equivalente a quella dei conduttori di fase.
- mentre è necessario ed è richiesto prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro, quando la sezione dello stesso sia inferiore a quella dei conduttori di fase. Questa rilevazione deve provocare l'interruzione dei conduttori di fase, ma non necessariamente quella del conduttore di neutro.
- non è previsto, né richiesto la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro se sono contemporaneamente soddisfatte le seguenti condizioni:

- Il dispositivo di protezione dei conduttori di fase del circuito protegge anche il conduttore di neutro dai cortocircuiti;
- la massima corrente che può circolare nel conduttore di neutro in servizio ordinario è chiaramente inferiore al valore della portata del conduttore stesso.

Il **conduttore di protezione** (identificato sempre dal colore giallo/verde e viene chiamato PE oppure, se svolge contemporaneamente anche la funzione di neutro, PEN) si realizza con il collegamento delle masse presenti nel sistema in questione con l'impianto di terra.

Esso insieme all'interruttore automatico deve garantire la protezione dai contatti indiretti e deve essere dimensionato sia per sopportare eventuali sollecitazioni meccaniche o azioni corrosive e sia per sopportare le sollecitazioni termiche causate dalla corrente di guasto verso terra sia.

Per quanto riguarda i calcoli di dimensionamento del conduttore in questione, le norme a tal proposito stabiliscono delle sezioni minime, ma si può prendere in considerazione un metodo semplificato in funzione della sezione del conduttore di fase (come tabella qui di seguito riportata) o con la formula indicata di seguito, questo metodo porta a sezioni notevolmente inferiori rispetto a quelle ottenute col metodo semplificato.

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_c^2}}$$

dove:

$I^2 t$ è l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore automatico durante l'interruzione del guasto K_c , esso è un coefficiente che dipende dal materiale isolante e dal tipo di conduttore impiegato.

Ad ogni modo le sezioni minime dei conduttori di protezione non devono essere inferiori ai valori nella tabella 3 (qui di seguito riportata).

Tabella 3. Tabella delle sezioni dei conduttori di protezione

Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio S_F [mm²]	Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase S_{PE} [mm²]	Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase S_{PE} [mm²]
$S_F \leq 16$	$S_{PE} = S_F$	2,5 nel caso in cui sia protetto meccanicamente, altrimenti 4
$16 < S_F \leq 35$	$S_{PE} = 16$	$S_{PE} = 16$
$35 < S_F$	$S_{PE} = S_F/2$ nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme	$S_{PE} = S_F/2$ nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme

S_F indica la sezione dei conduttori di fase

S_{PE} : indica la sezione minima del conduttore di protezione

1.3.3 Protezioni

Per quanto concerne la protezione dalle correnti di sovraccarico, facendo riferimento e uso delle norme **CEI 64-8/4**⁽¹²⁾ e **CEI 64-8 sez.4 par. 433.2**, si prevede che il dispositivo di protezione soddisfi le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

In cui si può constatare che:

- la corrente di impiego è indicata con la dicitura " I_b "
- la corrente nominale o portata del dispositivo è indicata dalla sigla convenzionale " I_n "
- la corrente sopportabile di un determinato cavo (senza superare un determinato valore di temperatura) è data da " I_z "
- infine la corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione che provoca il suo intervento entro un tempo convenzionale è espressa da " I_f "

Inoltre è importante considerare e tenere sempre presente, che quando siamo di fronte a protezione dalle correnti di corto circuito come indicato anche dalla **norma CEI 64-8/4**⁽¹²⁾, il dispositivo di protezione deve essere in grado di interrompere le correnti di corto circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose. In particolare devono essere verificate le seguenti condizioni:

$$I_{ccMax} \leq P.d.i. \quad (1)$$

dove:

- I_{ccMax} indica la corrente di corto circuito massima
- P.d.i. esprime il potere di interruzione dell'apparato di protezione (I_k)

$$(I^2t) \leq K^2 S^2 \quad (2)$$

In questa relazione:

- l'integrale di joule per la durata del corto circuito è: (I^2t);
- K è il parametro che dipende dal tipo di conduttore e isolamento dello stesso e dipende prettamente dal calore specifico medio, dalla resistività del materiale conduttore, e dalla temperatura iniziale e finale del conduttore;
- S indica la sezione del conduttore;
- t esprime il tempo di intervento del dispositivo di protezione.

La relazione (1) assicura che il dispositivo interrompa efficacemente la corrente di corto circuito evitando conseguenze (incendio, ecc.).

La condizione (2) assicura l'integrità del cavo oggetto del cortocircuito.

Va preso in considerazione anche, che in tutti i sistemi TT la protezione dai contatti indiretti è garantita grazie dall' uso di dispositivi di interruzione differenziale e la realizzazione di un impianto di terra che soddisfano la seguente condizione:

$$I_{dn} \leq U_I / R_E$$

dove:

- il valore della resistenza di terra del dispersore R_E è pari alla resistenza del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse;
- la tensione di contatto U_I è pari a 25 V per i contatti in situazioni particolari, 50 V per i contatti in condizioni ordinarie;
- mentre la corrente differenziale nominale d'intervento del dispositivo di protezione è indicata con la sigla: " I_{dn} "

1.3. Illuminotecnica

1.3.1. Definizioni

L' illuminotecnica è la tecnica della illuminazione utilizzata per valutare e analizzare i livelli di illuminazione idonei in ambienti interni ed esterni, in base alla tipologia di sorgente luminosa e lo spazio o oggetti che si vogliono illuminare.

Per comprendere al meglio questa disciplina, che negli ultimi anni sta diventando sempre più importante e sempre più utilizzata, bisogna conoscere le grandezze e i fattori della luce e ovviamente la loro dimensione espressa relazionandola con la percezione visiva dell'occhio umano.

Le grandezze fotometriche della luce sono le seguenti:

- Flusso luminoso
- Luminosità
- Illuminamento
- Intensità luminosa
- Luminanza

Molto probabilmente nell' illuminotecnica la grandezza più importante è la luminanza, in quanto è maggiormente correlata alle superfici ed alla percezione dell'occhio umano, ma ovviamente ci sono anche altri fattori di uguale importanza come:

- l' illuminamento mantenuto $[\bar{E}_m]$ che rappresenta il livello di luce che nella zona del compito visivo non si deve mai ridurre, dato dal prodotto del livello di illuminamento per il fattore di manutenzione;
- Il fattore di manutenzione tiene conto del calo di flusso luminoso dovuto all'invecchiamento e all'usura di lampade, apparecchi e superfici perimetrali.
- Uniformità UO, che non deve scendere sotto un livello di uniformità $UO = E_{min}/\bar{E}$, in modo da garantire le mansioni visive è che non ci siano differenze di luminanze.

Infine vanno distinte due zone interessate:

- nella zona del campo visivo che può essere orizzontale, verticale o anche inclinata, i livelli di illuminamento sono fissati per i differenti tipi di attività e vanno pertanto progettati di conseguenza,
- La zona immediatamente circostante a quella della mansione visiva in cui l'illuminamento potrà essere leggermente abbassato.

Quindi possiamo concludere che per affrontare uno studio illuminotecnico è importante conoscere le caratteristiche di ogni sorgente luminosa, sia naturale che artificiale, perché la luce naturale varia per intensità e colore a seconda del momento della giornata, della stagione, delle condizioni atmosferiche, mentre le sorgenti artificiali si possono misurare e si possono

stabilire la qualità e la quantità della luce, sia che essa provenga da lampade a incandescenza, a led, ioduri ecc..

Negli ultimi anni l'illuminotecnica sta diventando sempre più diffusa e impiegata anche nella progettazione architettonica, infatti la scelta della giusta illuminazione sta diventando uno dei principali obiettivi nella progettazione.

Si è constatato che in qualunque ambiente, sia interno che esterno, sia domestico che commerciale, la luce è considerata sempre più un aspetto imprescindibile per ottenere un progetto di sicuro successo.

Effettuare dunque un calcolo illuminotecnico è fondamentale per l'aspetto tecnico, oltre che obbligatorio a livello normativo come stabilito dalla norma **UNI 11630:2016**⁽¹⁴⁾.

Nel nostro caso specifico, in quanto impianto sportivo vanno prese in considerazione oltre alle normative UNI e CEI anche le normative CONI che prevedono un illuminamento medio di 200 lux ed un valore di 0.6 come rapporto tra illuminamento minimo ed illuminamento medio in quanto il livello di attività per questo campo di gioco è definita di secondo livello.

Inoltre come previsto dalle normative Coni bisogna fornire un sistema di illuminazione d'emergenza con una durata non inferiore a 90 secondi.

1.3.2. Grandezze illuminotecniche

Le grandezze Illuminotecniche da utilizzare e tenere sempre presente in uno studio illuminotecnico sono le seguenti:

- flusso luminoso, Φ , Lumen [lm];
- luminanza, L , [lm/sr*m2] = [cd/m2];
- illuminamento, E , Lux [lm/m2] = [lx];
- intensità luminosa, I , Candela [lm/sr] = [cd];
- angolo solido in cui viene emesso il flusso luminoso, Ω ;
- superficie su cui incide il flusso luminoso, A ;
- superficie visibile della sorgente luminosa: $(AL \cdot \cos)$;
- indice di riflessione della superficie, ρ ;

- $\pi = 3,14$;
- * = per superfici diffuse

Descriviamo con più attenzione le grandezze elencate precedentemente:

- Il flusso luminoso espresso con “ Φ ”, è la quantità di luce emessa da una certa sorgente luminosa, l'unità di misura è il Lumen [lm];
- L'efficienza luminosa è rappresentata dal rapporto tra il flusso luminoso e la potenza elettrica assorbita (lm/W), essa indica l'economicità del corpo illuminante.
- L' Intensità luminosa [I] indica la quantità di luce emessa in una certa direzione, la sua unità di misura è la Candela [cd].

Essa dipende prevalentemente dagli elementi che guidano la luce, come ad esempio i riflettori. Il grafico che rappresenta questa grandezza si chiama curva fotometrica (LVK). Essa è ricavabile dalla formula:

$$I = \Phi / \Omega$$

- L'illuminamento è espresso dalla quantità di flusso luminoso che incide su una superficie, l'unità di misura è il Lux (Lx).

Tale grandezza può essere ricavata attraverso questa relazione:

$$E = \Phi / A$$

- La luminanza è l'unica grandezza fotometrica percepita dagli occhi. Essa descrive l'impressione di luminosità che danno sia le sorgenti luminose che le superfici, e dipende soprattutto dal loro indice di riflessione (colore e superficie).

Essa è ricavabile dalle seguenti formule:

$$L = I / (A \cdot \cos) \quad L = (E \cdot \rho^*) \pi$$

Bisogna non trascurare nemmeno l'indicatore “K” (gradi Kelvin) che indica la temperatura della luce.

Per effettuare un buon studio illuminotecnico è necessario comprendere e sapere quali sono i requisiti qualitativi classici e quelli nuovi come indicati successivamente.

I **requisiti qualitativi classici** sono:

- Sufficiente livello d'illuminazione
- Brillanze distribuite armoniosamente
- Limitazione dell'abbagliamento
- Assenza di riflessioni
- Buona ombreggiatura
- Giusta colorazione
- Resa cromatica adeguata

Mentre i **requisiti qualitativi nuovi** sono:

- Integrazione della luce diurna
- Variazioni individuali
- Efficienza energetica
- Cambiamento delle situazioni di luce
- Luce come elemento caratterizzante dell'ambiente

1.3.3. Metodi di calcolo

Per arrivare a redigere una buona verifica illuminotecnica è fondamentale effettuare un calcolo illuminotecnico di base.

Quindi per prima cosa bisogna conoscere in modo approfondito e preciso l'ambiente di studio, ossia le superfici, il materiale che lo compone, gli oggetti da illuminare, la tipologia e la destinazione di uso, ecc..

Però questo tipo di progettazione se eseguita manualmente rischia di risultare imprecisa e non corretta, fortunatamente ai giorni nostri esistono dei software specifici che permettono di effettuare uno studio accurato del comportamento della luce grazie alle simulazioni nella realtà virtuale.

L'obiettivo nell'utilizzo di questi software è quello di garantire ambienti bene illuminati e vivibili, ed ottenere un illuminamento uniforme nello spazio o ambiente oggetto dello studio di progettazione.

Nella progettazione è importante stabilire la posizione dei punti luce in modo che il risultato finale sia soddisfacente sia dal punto di vista dell'illuminazione che dal punto di vista estetico.

Un altro fattore importante da considerare nella progettazione illuminotecnica è la resa cromatica della luce, per valutare la sua tonalità si prendono in considerazione le temperature di colore di una sorgente, che corrisponde a luci calde quando è bassa e a luci fredde quando è alta.

Le tipologie di illuminazione da scegliere sono ovviamente molteplici e differenti, si va dai faretti ai lampadari a sospensione, alle applique, alle piantane, lampade per esterno ecc...

Anche i corpi illuminanti differiscono per forme, materiali, modelli, finiture e nella scelta bisogna tenere in considerazione anche i colori, per adattarli al meglio negli ambienti, oltre a differire dalla tipologia della lampada installata o compresa nel corpo illuminante.

Infine un aspetto essenziale da non trascurare assolutamente in uno studio illuminotecnico è l'abbagliamento, inteso come condizione di vista che provoca disagio o una riduzione della capacità visiva.

Esso può essere di due tipi fisiologico e psicologico, il primo impedisce la visione di oggetti senza necessariamente causare disagio mentre il secondo è un tipo di abbagliamento che provoca disagio senza necessariamente inibire la visione degli oggetti.

Quest' ultimo per essere definito bisogna ricorrere al metodo unificato UGR (Unified Glare Rating).

Il calcolo dell'UGR prende in considerazione diversi fattori, fra i quali la resa luminosa delle lampade, la loro disposizione nell'ambiente, la distanza tra le sorgenti luminose e l'osservatore, e le caratteristiche dell'ambiente stesso.

I valori UGR si calcolano con la formula:

$$UGR = 8 \log [(0,25/L_b) \sum (L^2 \Omega / P^2)]$$

Questa formula tiene conto di tutti gli apparecchi di un impianto che contribuiscono all'impressione di abbagliamento.

I valori limite UGR (UGRL) che non possono essere superati sono:

≤ 16 disegni tecnici

≤ 19 lettura, scrittura, scuole, riunioni, lavoro al computer

≤ 22 industria e artigianato

≤ 25 lavori industriali grezzi

≤ 28 binari ferroviari, capannoni

1.4. Impianto Fotovoltaico

Con la realizzazione di questo tipo di impianto si vuole raggiungere un significativo risparmio energetico per la struttura che si vuole fornire, sfruttando una fonte di energia rinnovabile, come l'energia solare.

L'utilizzo di tale tecnologia nasce però dall'obiettivo di coniugare diversi aspetti di carattere economico, tecnico-pratico, normativo ma soprattutto quello a tutela dell'ambiente.

Prendendo in considerazione quest'ultimo aspetto, ossia la tutela dell'ambiente possiamo consolidare il fatto che questa tipologia di sistema di produrre energia elettrica dal Sole, ci permette di ridurre l'utilizzo dei combustibili fossili, di avere "0" emissioni di sostanze inquinanti nell'atmosfera, e quindi ci consente di contribuire attivamente e in maniera positiva a tutelare e proteggere il nostro sistema energetico.

Inoltre dal punto di vista normativo e delle linee guida dei governi e dell'Unione Europea si è in linea con il trend e la strada che si vuole percorrere da qui ai prossimi anni, come anche specificato dai decreti indicati di seguito:

- **Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003** relativo alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili.
- **Legge n. 239 del 23-08-2004** sul riordino del settore energetico, e sul riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.
- **Decreto Legislativo n. 192 del 19-08-2005** relativo al rendimento energetico nell'edilizia.

- **Decreto 2-03-2009** sulle disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.
- **Decreto Ministero dello sviluppo economico del 19 maggio 2015 (GU n.121 del 27-5-2015)** sull' approvazione del modello unico per la realizzazione, la connessione e l'esercizio di piccoli impianti fotovoltaici integrati sui tetti degli edifici.

1.4.1. Definizioni

In questo paragrafo definiremo ed indicheremo tutti i parametri e le caratteristiche tecniche che compongono un impianto fotovoltaico, facendo però un piccolo inciso sugli organi e figure che interagiscono in queste tipologie di sistemi.

Le figure che entrano in gioco in questo sistema sono:

- Il Distributore in quanto responsabile del funzionamento e pianificazione della rete elettrica di distribuzione di cui è anche proprietario, tale rete può essere ad AT, MT e BT;
- L' Utente che rappresenta il soggetto che utilizza la rete del distributore per cedere o acquistare energia;
- Il Gestore di Rete che è il responsabile della gestione della rete elettrica anche non avendo la proprietà;
- Il Gestore Contraente, invece è l'impresa distributrice competente nell'ambito territoriale;

Passando ora all'aspetto più tecnico, consideriamo un fattore essenziale per una corretta progettazione di un parco fotovoltaico che è l'**angolo di inclinazione** definito anche angolo di Tilt, esso indica l'inclinazione del piano del generatore fotovoltaico rispetto al piano orizzontale, da non confondere assolutamente con l'**angolo di orientazione** (o di azimuth) che indica l'inclinazione del piano del pannello fotovoltaico rispetto al meridiano

corrispondente. In sostanza esso misura lo scostamento del piano rispetto all'orientazione verso SUD (per i siti nell'emisfero terrestre settentrionale) o verso NORD (per i siti nell'emisfero meridionale) (**CEI EN 61194**)⁽²²⁾.

Invece con il termine comune **BOS (Balance Of System o Resto del sistema)** si indica l'insieme di tutti i componenti di un impianto fotovoltaico, esclusi i moduli fotovoltaici.

Un parco fotovoltaico è ovviamente composto da diversi organi che lo compongono, ciascuno con una funzione apposita, e una posizione nella struttura del sistema ben precisa da rispettare, in ordine verranno descritti tali organi/dispositivi.

Il **Generatore o Campo fotovoltaico** è composto dall'insieme di tutte le schiere di moduli fotovoltaici di un sistema e si può definire come il primo elemento della struttura, come espresso dalla norma **CEI EN 61277** ⁽²³⁾.

Esso è composto da una serie di pannelli fotovoltaici che sono un gruppo di moduli fissati insieme, preassemblati e cablati, ovviamente ogni pannello è composto da una serie di **celle fotovoltaiche** come indicato e descritto nella norma (**CEI EN60904-3**) ⁽²⁴⁾.

Essa funge come un diodo di grande superficie, che esposto alla radiazione solare si comporta come un generatore di corrente, producendo energia in proporzione alla radiazione incidente su di esso.

Successivamente è presente il **dispositivo del generatore** che è installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione come riportata dalla **CEI11-20**⁽²⁵⁾.

Nel punto di collegamento tra la rete dell'utente e la rete del produttore è presente il **dispositivo di interfaccia**, che separa l'impianto di produzione dalla rete utente dalla rete del Distributore; esso comprende un organo di interruzione, sul quale agisce la protezione di interfaccia.

Infine vi è il **dispositivo generale** installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica dalla rete pubblica come stabilito dalla norma **CEI11-20**⁽²⁵⁾.

1.4.2. Criteri Generali di Progetto

L'obiettivo principale di progettazione quando si pensa a sistemi fotovoltaici è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare nell'arco dell'anno.

Buona norma vuole che il generatore fotovoltaico sia esposto a Sud evitando quanto più possibile gli ombreggiamenti, che possono essere causati da vincoli paesaggistici o architettonici.

Ovviamente questo fattore è di vitale importanza, in quanto può produrre predite di energia importanti e quindi incidere in maniera negativa sul costo del Kwh e anche sul tempo di ritorno economico dell'investimento stesso.

Inoltre bisogna tenere sempre in considerazione che queste installazioni non devono alterare o stravolgere la struttura architettonica dell'impianto in questione, cercando di trovare soluzioni quanto più performanti possibili senza trascurare l'aspetto estetico e la sicurezza della struttura stessa.

L'energia generata di un qualsiasi impianto fotovoltaico dipende sempre dal sito di installazione (temperatura, latitudine, riflettanza, ombreggiature, condizione di pulizia dei pannelli, condizioni geografiche e topografiche particolari, ecc...)

Ma un fattore importantissimo è l'angolo di inclinazione e l'angolo di orientazione (Anzimet) che per essere performante ai massimi livelli dovrebbe essere di 30°, oltre ovviamente alle caratteristiche tecniche dei pannelli che rappresentano sempre una variabile per ogni sistema progettato.

Il valore del BOS può essere calcolato singolarmente oppure come complemento all'unità al totale delle perdite (perdite per ombreggiamento, temperatura, riflessione, inverter ecc..), calcolate mediante le seguenti formule:

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

$$\text{Totale perdite con ottimizzatore [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

Per valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) e dei valori massimi di lavoro degli stessi ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$) l'impianto deve presentare i seguenti valori:

- V_m (Tensione nel punto di massima potenza), a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$).
- V_m , a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

- La tensione massima che è la tensione di circuito aperto, definita "Voc", a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ deve essere minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.
- La tensione massima di modulo che rappresenta la tensione di circuito aperto, quando Voc è a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, essa deve essere minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.
- La corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc} , deve essere minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

Secondo le regole tecniche il dimensionamento è compreso tra il 70 % e 120 %, ed indica il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico a esso collegato.

Nel caso di sotto impianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sotto impianto MPPT nel suo insieme.

Le condizioni di prova standard (STC) invece prevedono come condizioni di prova normalizzate una temperatura di cella dai $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, questo è definito nella norma **(CEI EN 60904-3)**⁽²⁴⁾ mentre l'irraggiamento deve essere di 1000W/m^2 , con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1,5).

1.4.3. Specifiche di installazione

Le strutture in alluminio o ferro, che sorreggono i pannelli devono garantire una stabilità strutturale del blocco oltre a garantire l'inclinazione stesso del pannello.

Le regole tecniche in materia stabiliscono che i collegamenti tra i moduli fotovoltaici devono essere effettuati collegando fra loro in serie i moduli della stessa stringa attraverso specifici connettori (maschio e femmina) di cui le junction box di ciascun modulo sono già dotate, effettuando a valle il parallelo di tutte le stringhe.

I cavi devono essere posati fino a dove possibile all'interno degli appositi canali ricavati nei profili delle strutture di fissaggio e in assenza dei tali bisogna creare la canalizzazione con apposita tubazione per garantire l'integrità degli stessi nel tempo.

Infatti il percorso dei cavi dalle stringhe al quadro di campo e dallo stesso fino al quadro di distribuzione generale deve essere garantito da tubazione eseguita a regola d'arte (tubo rigido o canalina).

I cavi provenienti dal generatore fotovoltaico devono essere connessi agli inverter per mezzo di opportuni connettori stagni.

L'inverter (categoria di protezione IP65) deve essere fissato, in esterno, il più vicino possibile al campo fotovoltaico ed al quadro di parallelo in corrente continua.

Il quadro di parallelo è fissato alla parete a fianco dei convertitori in apposito contenitore idoneo al montaggio in esterno con un livello di protezione IP 65. E' consigliabile sempre creare apposite coperture, pensiline o armadi per proteggere gli apparati presenti in copertura dall'usura degli agenti atmosferici.

Il quadro c.a., con fissaggio a parete, di consuetudine è installato nelle vicinanze del quadro elettrico generale.

L' impianto fotovoltaico non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sulla singola struttura, però l'abbattersi di scariche atmosferiche sull'impianto o in prossimità dello stesso può comunque innescare sovratensioni che possono causare il fuori uso di componenti elettronici-elettrici in particolare, degli inverter, per questo motivo in fase di progetto, è conveniente rinforzare tali protezioni con l'inserimento di dispositivi SPD sulla sezione c.c. dell'impianto in prossimità del generatore fotovoltaico, se l'azienda produttrice di tali sistemi non li ha previsti da default.

Mentre la protezione contro il corto circuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che hanno la funzione di limitare la corrente di corto circuito degli stessi a valori di poco superiori alla loro corrente nominale, invece per il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter.

Gli inverter e quanto contenuto nel quadro elettrico in corrente alternata sono collegati all'impianto elettrico dell'edificio e pertanto fanno parte del sistema elettrico TT di quest'ultimo.

La presenza del trasformatore di isolamento tra sezione c.c. e sezione c.a. nell'inverter consente di classificare come IT il sistema in corrente continua costituito dalla serie di moduli fotovoltaici, dagli scaricatori di sovratensione e dai loro collegamenti agli inverter.

Per quanto riguarda la protezione contro i contatti diretti, tutte le parti sotto tensione devono essere dotate di isolamento adeguato e/o di involucri con grado di protezione idoneo al luogo di installazione.

Buona norma vuole che la protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti della rete auto produttrice e della rete di distribuzione pubblica è realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma **CEI 11-20⁽²⁵⁾**.

Capitolo secondo

Inquadramento intervento

Il comune di Seclì è proprietario di un complesso sportivo ubicato lungo la strada vicinale Seclì – Gallipoli, costituito da un campo di calcio per il gioco del calcio a 11, un'area di allenamento ed i necessari servizi ausiliari e di supporto.

Tale impianto è riportato in Catasto al foglio 8 – p.lle 121 e 349, ed è tipizzato nel PRG vigente come zona F15 –Verde sportivo.

L'impianto sportivo risulta regolarmente approvato dal CONI con parere del 2005. Detto parere venne acquisito in occasione di lavori effettuati nel 2006. Attualmente, Il Comune di Seclì ha predisposto il presente progetto al fine di rivalutare e valorizzare l'impianto in questione, in quanto l'Amministrazione Comunale di Seclì è il soggetto proponente in possesso dei requisiti di ammissibilità a presentare istanza di partecipazione al bando approvato con D.G.R. n. 716 del 01/08/2019 (Asse IX "Promuovere l'inclusione sociale, la lotta alla povertà e ogni forma di discriminazione – Azione 9.14 "Interventi per la diffusione della legalità" - Avviso Pubblico per il finanziamento di interventi volti al potenziamento del patrimonio impiantistico sportivo delle amministrazioni comunali).

2.1. Territorio e consistenza

Il complesso sportivo interessato dal presente progetto è ubicato al di fuori del centro abitato del Comune di Seclì, su di un lotto di estensione pari a circa 13.100 mq., e destinato alla pratica agonistica (a livello locale) del gioco del calcio.

In particolar modo esso è situato all'estrema periferia sud ovest dello stesso centro abitato, sulla strada Via Vecchia Provinciale a quasi un km dal centro abitato.

L'impianto non confina con alcun fabbricato né con luoghi dove si svolgono attività soggette ai sensi del D.M. 16.02.1982.

E' tipizzata nello strumento urbanistico vigente quale zona per attrezzature sportive e si presenta completamente pianeggiante.

Sull'area in questione non esistono vincoli che possono condizionare la progettazione e di conseguenza i lavori cantieristici.

L'impianto sportivo sorge in posizione tale da garantire una facile accessibilità e rispettare l'orientamento previsto per la pratica del calcio.

Qui di seguito il rilievo fotografico della struttura oggetto della progettazione, dalla quale si evincono le caratteristiche e la topografia dello stesso.

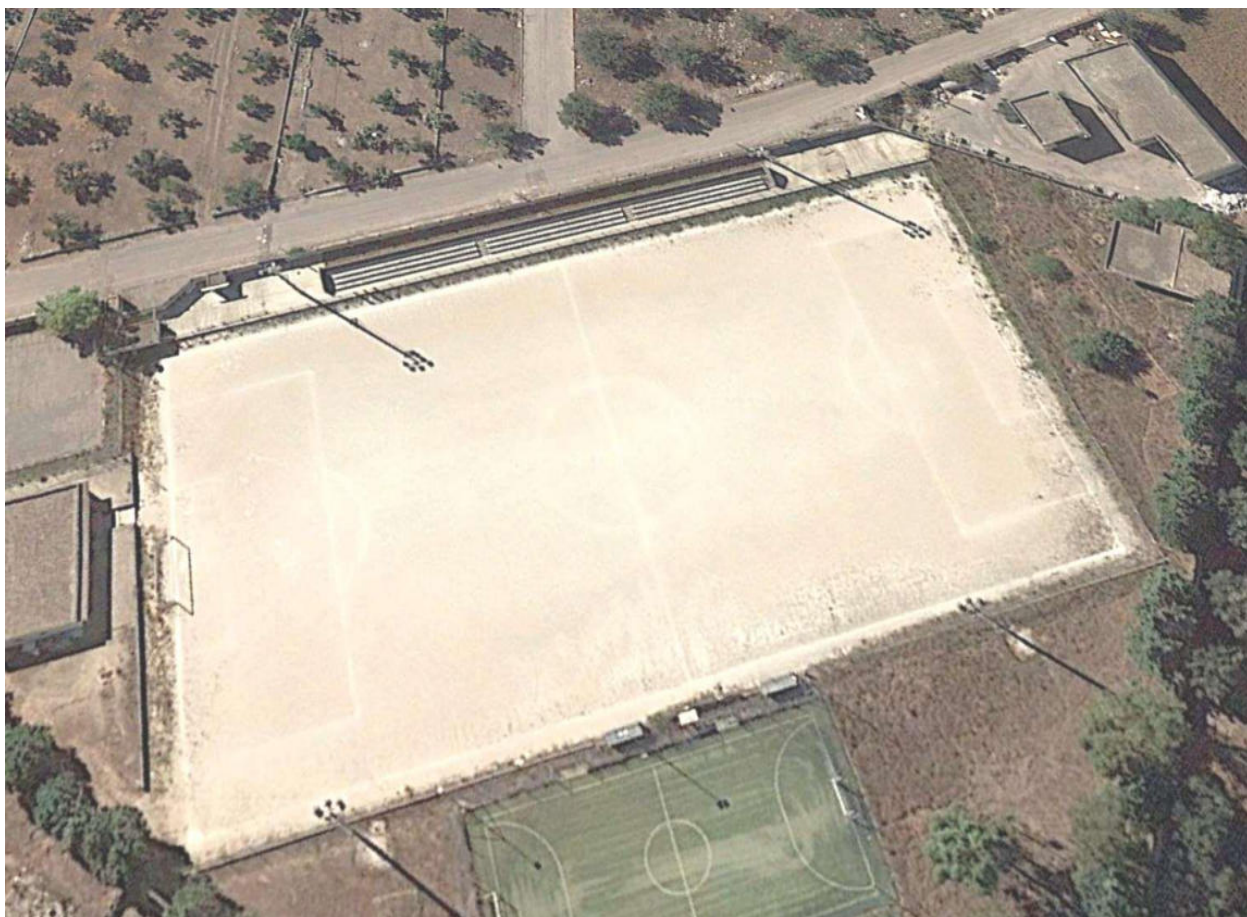


Figura 2. Rilievo fotografico dell'impianto

2.2. Caratteristiche tecniche della Struttura

L'impianto sportivo oggetto del presente progetto è costituito dalle seguenti parti funzionali:

- un campo di calcio in terra stabilizzata, con dimensioni pari a m. 55 x 100, oltre ad ampie fasce perimetrali (> 1,50 m.), dotato di 4 torri faro per la pratica dell'attività sportiva con luce artificiale;
- una tribuna per il pubblico ubicata lungo il lato ovest del campo, cui si accede, con doppio ingresso, dalla strada vicinale Seclì - Gallipoli. Nelle condizioni attuali, è costituita da un settore unico con quattro gradoni e da scale di smistamento, per un numero complessivo di 444 posti a sedere per spettatori; detto numero è stato determinato assegnando a ciascun posto a sedere una larghezza pari a cm. 50, in accordo con la Norma UNI 9217. La separazione pubblico-atleti è assicurata da una recinzione in ferro di 2.20 metri che, per tipologia e dimensioni, nonché per caratteristiche di resistenza, è conforme a quanto prescritto dalla normativa vigente in materia, con particolare riferimento alla Norma UNISPORT 10121 e ss.mm.ii.

Con il presente progetto è prevista la divisione della tribuna in modo da ricavare:

- un settore destinato agli spettatori locali con 296 posti a sedere complessivi, oltre a n. 2 posti per spettatori DA;
- un settore destinato agli spettatori ospiti con 136 posti a sedere, oltre a n. 2 posti per spettatori DA;

Inoltre il plesso è così composto:

- un blocco di spogliatoi e servizi per atleti pari a circa mq. 29 entrambi ed arbitri/istruttori pari a mq. 6,20, costituito da due distinti spogliatoi completi di servizi igienici e docce, da un locale per il primo soccorso completo di WC per disabili, da uno spogliatoio per arbitri/istruttori;
- un vano biglietteria;
- un blocco di servizi per gli spettatori locali costituito da due servizi igienici, separati per sesso, da un WC fruibile da D.A.;
- un piccolo vano deposito che funge da centrale idrica;
- un locale in cui è situato il quadro elettrico generale.

- ampie superfici interne ed esterne rispetto al complesso sportivo, destinate ad area a parcheggio distinto per atleti e spettatori.

Con il presente progetto è prevista la realizzazione di un blocco di servizi igienici destinato agli spettatori ospiti, costituito da due WC, distinti per sesso, entrambi fruibili da utenti D.A.;

Come si evince dalla planimetria generale il parcheggio degli atleti è ricavato, anche per ragioni di sicurezza, all'interno dell'area recintata, e precisamente nello spazio adiacente il blocco spogliatoi esistente. Il parcheggio per gli spettatori è previsto sulla strada vicinale Seclì – Gallipoli che, all'occorrenza, durante le manifestazioni sportive con presenza di pubblico potrà essere interdetta al traffico, mediante apposita ordinanza sindacale. Sono state inoltre ricavati spazi per alcuni parcheggi per ciclomotori e biciclette.

È prevista la separazione dei percorsi fra spettatori locali e ospiti a partire dai parcheggi.

Il campo di calcio è dotato di un impianto di illuminazione artificiale su torri faro che, grazie anche ai lavori previsti con il presente progetto, garantiranno un livello di illuminamento medio di 200 lux (fattore di uniformità 0,6) secondo quanto prescritto dalle Norme CONI.

Gli impianti elettrici saranno realizzati in conformità a quanto previsto dalla legge 46/90.

E' presente l'illuminazione di sicurezza con dispositivo di carica tale da consentire la ricarica entro 12 ore, con autonomia di 60 minuti e con livello di illuminazione superiore a 5 lux ad 1 metro di altezza dal piano di calpestio, come da indicazioni delle norme **UNI EN 12193/2008**⁽¹⁴⁾, **CEI 34-22**⁽¹⁵⁾, **CEI 34-111**⁽¹⁶⁾.

Con il presente progetto non sono previsti interventi sugli impianti elettrici del blocco spogliatoi, in quanto già interessati da recenti lavori di riqualificazione. Non è prevista la presenza di impianto di rilevazione e segnalazione incendi, trattandosi di impianto all'aperto con numero di spettatori inferiore a 5.000. L'impianto sportivo è dotato di tutte le attrezzature e gli attrezzi necessari per la pratica sportiva.

2.3. Descrizione degli interventi

A seguito dei contatti intercorsi con l'Assessorato al ramo, dopo aver espletato gli adempimenti di pubblicità e partecipazione attiva della cittadinanza e delle associazioni operanti sul territorio previste nel bando di cui sopra, si è deciso di predisporre il presente progetto al fine di migliorare la funzionalità del complesso sportivo, di perseguire obiettivi di efficientamento energetico (con la totale sostituzione dei fari presenti a ioduri metallici con fari a tecnologia led), di prevedere la progettazioni di fonti rinnovabili e quindi l'utilizzo di energie alternative come i pannelli fotovoltaici e di adeguare lo stesso complesso alle norme vigenti.

In particolare, sono previste le seguenti lavorazioni:

- separazione della tribuna esistente: attualmente esiste un settore unico destinato agli spettatori; a seguito di contatti intercorsi con rappresentanti delle forze dell'ordine, e su loro esplicita richiesta, è risultato necessario dividere la stessa tribuna in modo da ricavare un settore destinato agli spettatori ospiti. Tutto questo con quello che ne consegue: sdoppiamento dei servizi igienici, dei percorsi destinati agli spettatori locali ed ospiti, delle uscite di sicurezza e dell'impianto di illuminazione annesso.
- razionalizzazione ed integrazione dell'impianto di illuminazione del campo di Calcio a 11 e dal campo di calcio a 5, tutto a tecnologia led, in modo da abbandonare la vecchia tecnologia a ioduri metallici attraverso la sostituzione dei proiettori sulle torri collocate agli angoli del perimetro di gioco;
- progettazione e realizzazione di apposita illuminazione di sicurezza con dispositivo di carica tale da consentire la ricarica entro 12 ore, con autonomia di 60 minuti e con livello di illuminazione minimo di 200 lux ad 1 metro di altezza dal piano di calpestio;
- sostituzione delle condutture dimensionate in base alle potenze dei nuovi utilizzatori;
- riqualificazione del quadro principale della struttura e verifica dei sotto quadri cablati a valle ad esso;
- analisi e verifica sulle fulminazioni in modo da normalizzare il progetto del nuovo impianto sportivo sulla base di tale verifica;

- realizzazione di impianto fotovoltaico per riqualificare energeticamente la struttura e minimizzare i costi energetici della fornitura di energia;

Con il presente progetto si vuole in sostanza, potenziare l'illuminazione per la pratica della attività sportiva con luce artificiale, integrare l'illuminazione di sicurezza e ampliare così la funzionalità sportiva.

2.4. Scelte e obbiettivi progettuali

Le modifiche hanno mirato principalmente al completamento dell'impianto elettrico prevedendo le seguenti opere:

- realizzazione dell'impianto di illuminazione del campo di calcio a 11, comprendente n. 4 torri faro di altezza media pari a 15 m, a sostegno di n. 5 proiettori LED da 900w cadauno, di cui uno è utilizzato anche come lampada di emergenza sotto ups;
- realizzazione dell'impianto di illuminazione del campo di calcio a 5, comprendente numero 4 torri faro di circa 10 metri, a sostegno di numero 4 proiettori led cadauna, ognuno dei quali è di 250 w;
- modifica dello schema del quadro elettrico generale previsto per il progetto di adeguamento, consistente nella esatta definizione degli interruttori di alimentazione degli impianti di illuminazione dei campi;
- dimensionamento delle condutture a servizio dei nuovi proiettori torri;
- realizzazione delle linee elettriche del nuovo blocco servizi dedicato agli spettatori ospiti;

Gli obbiettivi del progetto sono quelli principalmente di riqualificare e normalizzare le reti elettriche del centro sportivo, prevedendo un sistema efficiente dal punto di vista tecnico e in linea con i regolamenti normativi, come già espresso nei punti sopra citati.

Un altro obiettivo è quello di prevedere e progettare tutte le precauzioni sufficienti per garantire un ottimo grado di protezione e sicurezza sia sotto l'aspetto tecnico, ma anche e soprattutto sotto l'aspetto di vite umane.

Uno scopo prefissato dall'inizio è quello di razionalizzare i consumi energetici e quindi di raggiungere un efficientamento energetico ottimale, cercando di ottimizzare quanto più possibile consumi e di conseguenza i costi energetici.

Per questi motivi si è deciso di procedere:

- con la verifica e analisi dei rischi contro i fulmini tramite il software Acca-Fulmini, per individuare i rischi e le dovute precauzioni e interventi da adottare per garantire un ottimo grado di protezione alla struttura e agli utenti;
- con la verifica illuminotecnica tramite software Dialux si è riuscito ad avere una soluzione efficiente dal punto di vista tecnico ma anche di trovare una soluzione energetica in linea con i nostri bisogni;
- con la progettazione di opportuno parco fotovoltaico collocato in copertura sopra il blocco spogliatoi per rendere la struttura quanto più possibile ENBTU, per questo studio è stato utilizzato il software In Sun, verificato anche con il sito internet PVGIS della comunità europea utilizzato prevalentemente per lavori di carattere pubblico, per comprendere se il nostro studio sia stato eseguito in modo consono e con soluzioni adeguate e corrette.

Capitolo terzo

Stato di Progetto

3.1. Analisi e Valutazione rischio contro le scariche atmosferiche

Prima di procedere alla progettazione e all'adeguamento degli impianti elettrici si è eseguita l'analisi e la valutazione contro le scariche atmosferiche individuando due zone contraddistinte, ossia l'area di gioco e la zona spogliatoi, (qui di seguito riportate).

Questa verifica ci ha permesso di individuare le sorgenti di rischio, i tipi di danno, le varie tipologie di perdite e i vari rischi imputabili a scariche atmosferiche sulla struttura e nei pressi di essa, e di individuare i relativi adempimenti e provvedimenti da prendere in esame per limitare il rischio di perdite umane e di servizio pubblico individuando le opportune scelte progettuali da prendere in esame e comprendere meglio la scelta degli opportuni dispositivi di protezione da adottare e che ci possano garantire un rischio tollerabile accettabile e una struttura protetta.

Per effettuare tale verifica si sono prese in considerazione le norme in vigore, qui di seguito elencate che indicano e rispecchiano i criteri progettuali che devono obbligatoriamente essere rispettati, garantendo una protezione adeguata della struttura interessata.

Per effettuare tale verifica si è ricorso all' utilizzo del software Acca Fulmini, dopo uno studio attento e scrupoloso dell'argomento e un corso di formazione sull'utilizzo del software.

Le normative prese in considerazione per la verifica in questione sono le seguenti:

- **CEI 81-10/1**⁽³⁾ che racchiude i principi generali della materia.
- **CEI 81-10/2**⁽⁴⁾ basata sulle indicazioni da rispettare per la valutazione del rischio.
- **CEI 81-10/3**⁽⁵⁾ Parte 3: che esplicita tutti i riferimenti da prendere in considerazione su danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.

- **CEI 81-10/4⁽⁶⁾** sugli impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.

Per tale analisi si sono prese in considerazione le seguenti caratteristiche tecniche e siamo giunti ai risultati qui di seguito riportati.

In particolar modo la struttura si presenta isolata, con una superficie di 140 metri di lunghezza e 80 metri in larghezza circa.

Come protrusione massima si sono considerate le torri con un'altezza di 15 metri, mentre per il calcolo dell' A_M ossia l'area raccolta fulmini in prossimità della struttura si è considerato 500 metri di distanza dalla struttura, mentre per quanto riguarda l'indice di densità di scariche all'anno per km^2 si è considerato un indice N_g di 2.50.

Inoltre la struttura si presenta non protetta da dispositivi LPS e senza schermature contro le scariche atmosferiche.

Per quanto riguarda il numero totale di occupanti si è stimato circa 145 persone, e si sono prese in considerazione due zone ben distinte: la zona 1 costituita dal campo da gioco, e la zona 2 costituita dagli spogliatoi.

Qui di seguito le caratteristiche e gli indici L1 e L2 per entrambe le zone.

ZONA 1: CAMPO DA GIOCO

Tabella 4. Tabella delle caratteristiche e perdite della zona 1

Dati generali	
Denominazione	campo da gioco
Tipo di zona	Esterna
Pavimentazione	Agricolo ($R \leq 1k\Omega$) [$r_t = 10^{-2}$]
Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto	Isolamento elettrico delle parti accessibili [PTA = 0.01]
Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	100
Ore presenza/anno (t_z)	8760
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-3}
L_O	10^{-2}

Perdita inaccettabile di servizio pubblico (L2)	
N° utenti serviti dalla zona (n_z)	70
L_F	0.10
L_O	10^{-2}

ZONA 2: SPOGLIATOI

Tabella 5. Tabella delle caratteristiche e perdite della zona 2

Dati generali	
Denominazione	spogliatoi
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Ceramica ($1k\Omega \leq R \leq 10k\Omega$) [$r_t = 10^{-3}$]
Pericoli particolari	Livello medio di panico [$h_z = 5$]
Rischio esplosione	Zone 1, 21 [$r_f = 0.1$]
Rischio incendio	Ridotto [$r_f = 10^{-3}$]
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Nessuna protezione [$r_p = 1$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	45
Ore presenza/anno (t_z)	8760
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-3}

Perdita inaccettabile di servizio pubblico (L2)	
N° utenti serviti dalla zona (n_z)	45
L_F	0.10
L_O	10^{-2}

Legenda:

L_T è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (danno D1) causato da un evento pericoloso.

L_F è la percentuale media di vittime per danno materiale (danno D2) causato da un evento pericoloso.

L_0 è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (danno D3) causato da un evento pericoloso.

Per la tipologia e destinazione d'uso della struttura per valutazione dei rischi sono state considerate le seguenti perdite, trascurando le perdite economiche e perdite di patrimonio culturale:

L1 - Perdita di vite umane o danni permanenti (Rischio tollerabile $R_T = 10^{-5}$)

L2 - Perdita di servizio pubblico (Rischio tollerabile $R_T = 10^{-3}$)

Per capire meglio il rischio di perdite umane (R1) qui di seguito si possono consultare le tabelle sugli eventi, perdite e rischi e il grafico R_t .

Tabella 6. Tabella del numero atteso di eventi pericolosi

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	P_A	P_B	P_C	P_M	P_U	P_V	P_W	P_Z
Z1	10^{-2}	0	0	0	0	0	0	0
Z2	1	1	0	0	0	0	0	0

Tabella 7. Tabella sull'ammontare delle perdite di vite umane, L_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	L_A	L_B	L_C	L_M	L_U	L_V	L_W	L_Z
Z1	6.90×10^{-5}	0	6.90×10^{-3}	6.90×10^{-3}	6.90×10^{-5}	0	6.90×10^{-3}	6.90×10^{-3}
Z2	3.10×10^{-6}	1.55×10^{-4}	0	0	3.10×10^{-6}	1.55×10^{-4}	0	0

Tabella 8. Tabella delle componenti di rischio di perdite umane Rx

Sorgente di danno	S1		S2	S3			S4
							
Tipo di danno	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D3
							
Rischio	R_A	R_B	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1	1.88×10^{-8}	0	0	0	0	0	0
Z2	8.47×10^{-8}	4.24×10^{-6}	0	0	0	0	0
Totale	1.04×10^{-7}	4.24×10^{-6}	0	0	0	0	0

Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$

($R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$)

4.34×10^{-6}

Dal grafico in fig.3 si evince che il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

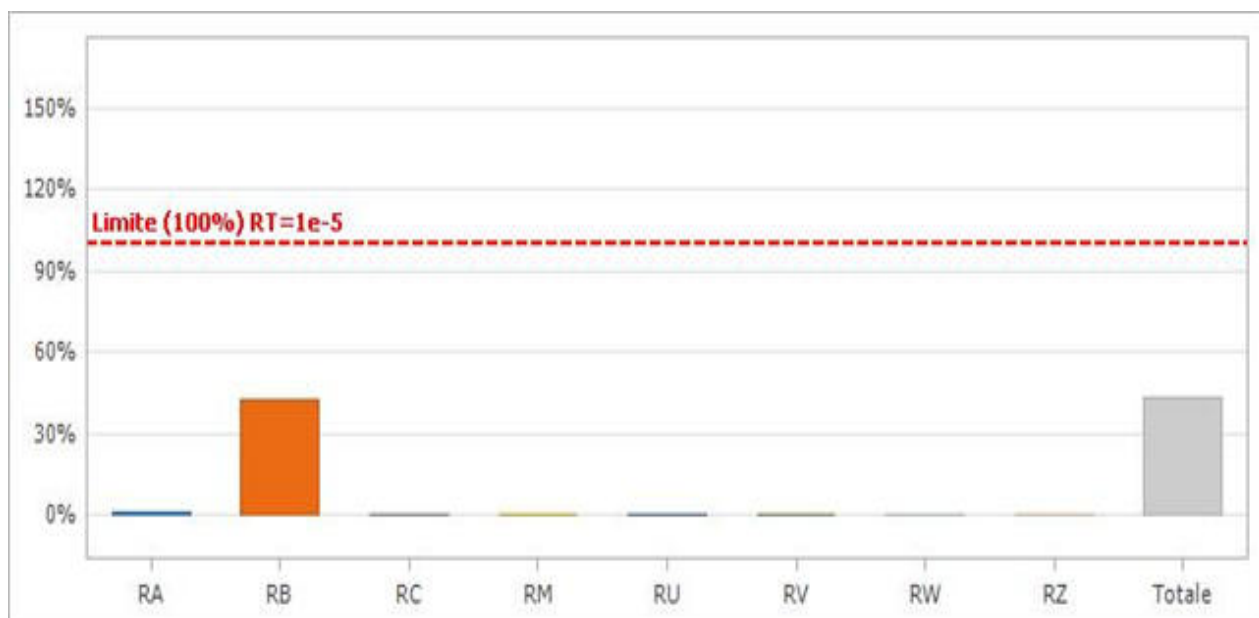


Figura 3. Grafico delle componenti di rischio

Per capire meglio il rischio di perdite sul servizio pubblico (R_2) qui di seguito si possono consultare le tabelle sugli eventi, perdite e rischi e il grafico R_t .

Tabella 9. Tabella del numero degli eventi pericolosi, N_x

Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Eventi	N_D		N_M	$N_L + N_{DJ}$		N_I
Struttura	2.73×10^{-2}		2.51	-		-

Tabella 10. Tabella delle probabilità di servizio pubblico, P_x

Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Probabilità	P_B	P_C	P_M	P_V	P_W	P_Z
Z1	0	0	0	0	0	0
Z2	1	0	0	0	0	0

Tabella 11. Tabella sull' ammontare di perdite sul servizio pubblico, L_x

Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Perdite	L_B	L_C	L_M	L_V	L_W	L_Z
Z1	0	6.09×10^{-3}	6.09×10^{-3}	0	6.09×10^{-3}	6.09×10^{-3}
Z2	3.91×10^{-3}	3.91×10^{-3}	3.91×10^{-3}	3.91×10^{-3}	3.91×10^{-3}	3.91×10^{-3}

Tabella 12. Tabella delle componenti di rischio di perdita di servizio pubblico, R_x

Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Rischio	R_B	R_C	R_M	R_V	R_W	R_Z
Z1	0	0	0	0	0	0
Z2	1.07×10^{-4}	0	0	0	0	0
Totale	1.07×10^{-4}	0	0	0	0	0

Rischio di perdita di servizio pubblico, $R_{2,Struttura}$ $(R_{2,Struttura} = R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$	1.07×10^{-4}
---	-----------------------

Come si evince dal grafico in fig.4 il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

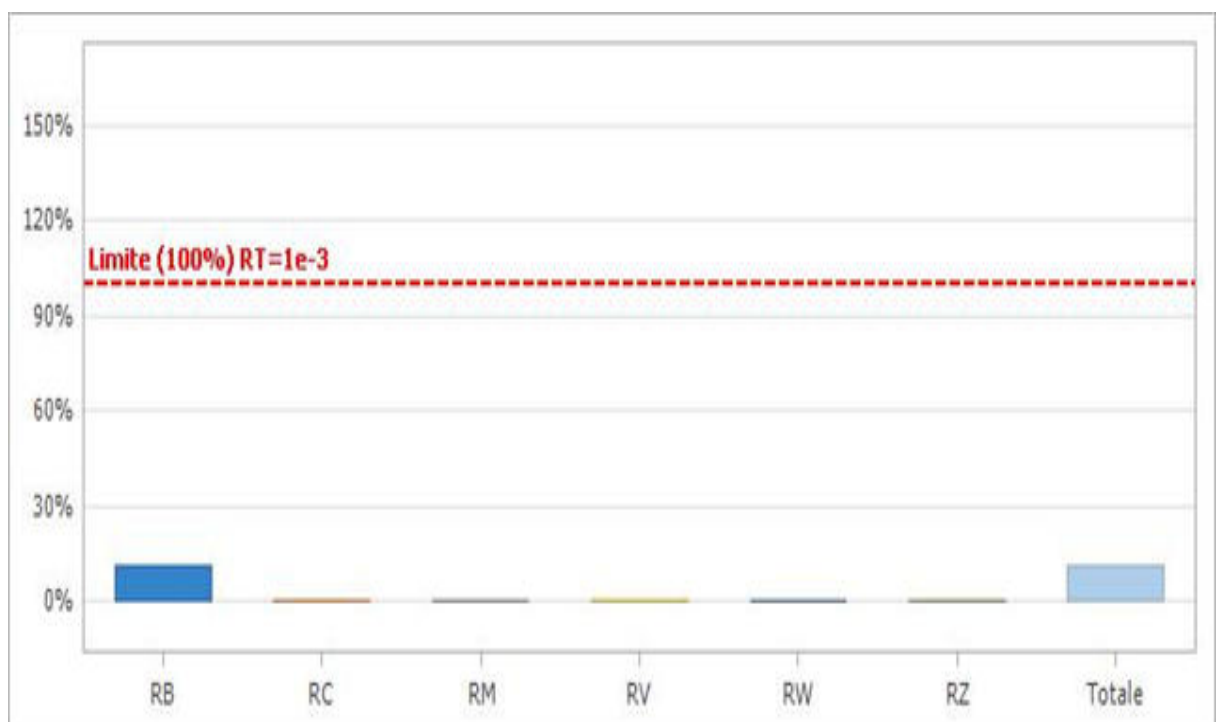


Figura 4. Grafico delle componenti di rischio

Il livello di protezione utilizzato per il sistema di SPD è di "Livello I": di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle sovracorrenti attese per le varie sorgenti di danno.

Tabella 13-Tabella delle sovracorrenti delle varie sorgenti di danno

Sovracorrenti	Linee di energia	Linee di telecomunicazioni
I_{S1} (kA)	10.000	10.000
I_{S2} (kA)	0.200	0.200
I_{S3} (kA)	10.000	2.000
I_{S4} (kA)	5.000	0.160

Le regole e norme tecniche prevedono che se la distanza tra l'LPS e gli impianti interni è inferiore alla distanza di sicurezza, gli impianti vanno collegati all'LPS tramite un SPD con $I_{imp} > I_{imp\ min}$.

Possiamo concludere in vista degli esiti delle verifiche effettuate, che non è necessario realizzare alcun sistema di protezione contro i fulmini per la struttura oggetto dell'esame in quanto il rischio dovuto al fulmine è inferiore al limite tollerato.

Quindi la struttura è da considerarsi **PROTETTA**, inoltre dai risultati si può constatare che la frequenza di danno tollerabile risulta essere **RISPETTATA**. In forza a quanto previsto dalla legge n° 186 del 01/03/1968 che individua nelle norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

3.2. Studio illuminotecnico

Gli impianti di illuminazione artificiale previsti per la struttura in questione sono stati progettati in modo da evitare fenomeni di abbagliamento per i praticanti e gli spettatori.

A tal proposito per le sorgenti di illuminazione, l'indice di abbagliamento calcolato secondo quanto indicato nella norma UNI SPORT 9316, non dovrà essere maggiore di 50.

Per le caratteristiche di illuminamento degli impianti all'aperto ed al chiuso, dovranno essere rispettati i minimi valori indicati nelle tabelle B e C, presenti nell'appendice A, e le normative **UNI EN 12193/2008**⁽¹⁵⁾, che descrive ed indica i parametri per illuminazioni sportive e in particolar modo norma specifica per le torri faro, e la **UNI 11630/2016**⁽¹⁶⁾ che esplicita le disposizioni di processo di elaborazione del progetto e le relative documentazioni.

La seconda fase di progettazione legata alla verifica illuminotecnica è stata quella di prevedere un sistema di illuminazione di emergenza, e quindi predisporre un faro su entrambe le torri lato strada alimentate da UPS, perché le normative **CEI 34-22**⁽¹⁵⁾ e **CEI 34-111**⁽¹⁶⁾ prevedono che in tutti gli impianti sportivi sia al chiuso e sia in quelli all'aperto dotati di illuminazione artificialmente in cui si praticano attività per le quali la mancanza improvvisa di illuminazione potrebbe comportare pericoli per gli utenti, dovrà essere realizzato un impianto di illuminazione d'emergenza che consenta la graduale sospensione della pratica sportiva in condizioni di sicurezza e comunque in grado di assicurare un livello d'illuminamento non inferiore al 10% dei valori minimi previsti nell'allegato B (livello di attività 2) per una durata non inferiore a 90secondi, per permettere una adeguata e fluida evacuazione della struttura, ad ogni modo il tempo di entrata in funzione dell'impianto di illuminazione d'emergenza dovrà comunque essere compatibile con il tipo di attività sportiva praticata.

Per effettuare una scelta congrua dei corpi illuminanti da sostituire sulle torri dei campi da gioco è stato utilizzato il software Dialux, che ci ha permesso di

effettuare un ottimo studio illuminotecnico in linea con le normative vigenti CEI e CONI.

In particolar modo qui di seguito si potranno notare i grafici che rappresentano l'osservatore GR, i punti di calcolo, e i risultati ottenuti attraverso i rendering in 3D, a colori sfalsati e i livelli di grigio.

Dopo la verifica illuminotecnica la scelta è ricaduta sul proiettore: "PROIETTORE LIZARD 900W 1/10V IP65 NE 74 mod. FLLZ900A24B740D" in linea con le nostre esigenze, sia in ambito normativo sia in ambito tecnico. Ogni torre con altezza di 15metri è costituita da 5 fari per una potenza elettrica di 4.500W, le due torri lato strada sono dotate ciascuna di un faro da 900W d'emergenza fornito da UPS da 1.650W, per garantire il servizio elettrico minimo per sgombrare il campo in caso di blackout.

Qui di seguito le caratteristiche del proiettore in questione con la rappresentazione grafica del cono di luce trasmesso dello stesso (fig.5) , e la figura 6 che indica invece su quale base è stato calcolato il fattore di manutenzione e l' ULR.

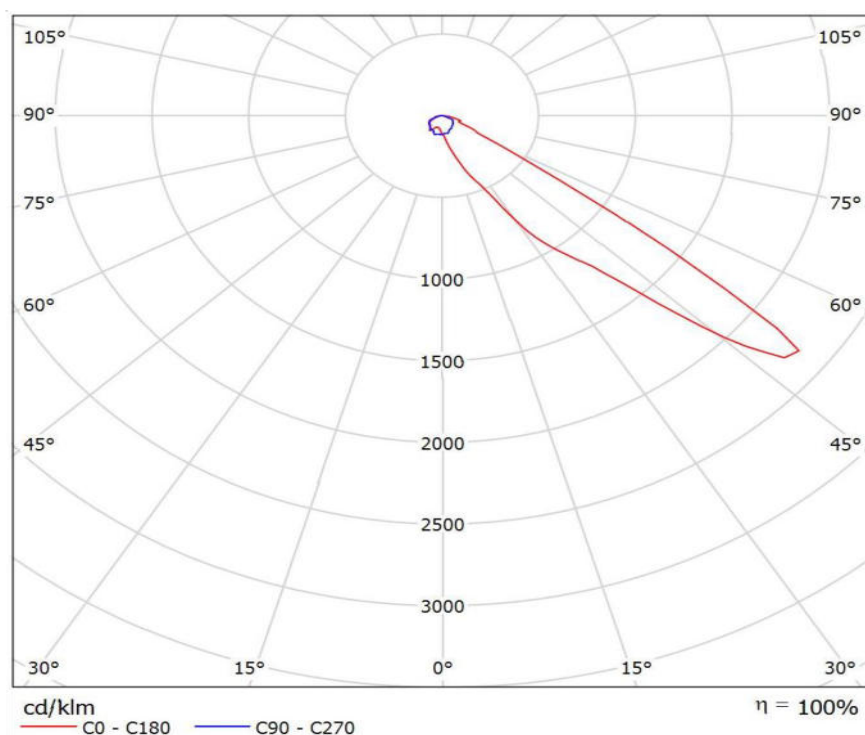


Figura 5. Grafico del flusso luminoso del proiettore

Scena esterna 1 / Dati di pianificazione

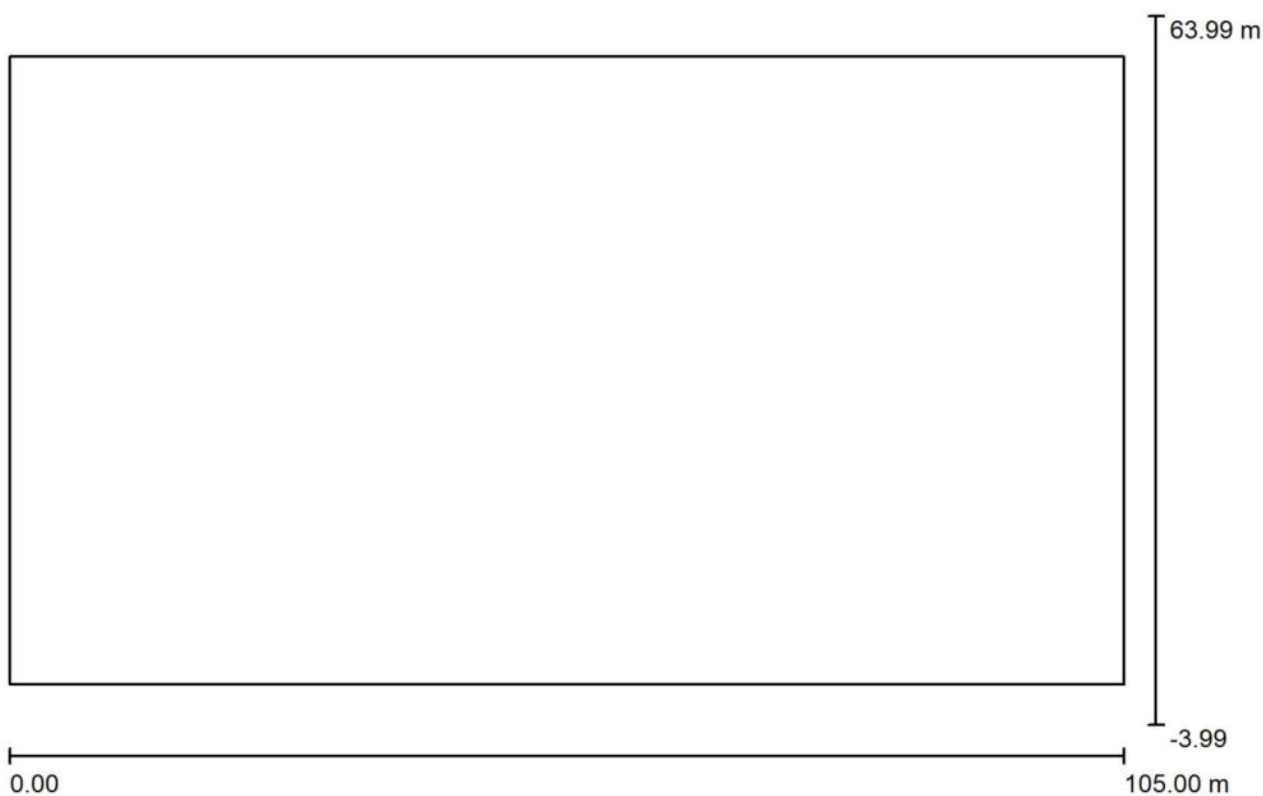


Figura 6 sul fattore di manutenzione

Fattore di manutenzione: 0.93, ULR (Upward Light Ratio): 0.5%

Scala 1:751

Tabella 14. Tabella delle caratteristiche proiettori campo da calcio a 11.

Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	Φ (Lampada) [lm]	Φ (Lampadine) [lm]	P [W]
20	LUXI Illuminazione FLLZ900A24B740D PROIETTORE LIZARD 900W 1/10V IP65 NE 740 A24 (1.000)	108799	108968	902.7
		Totale: 2175977	Totale: 2179360	18054.0

Scena esterna 1 / Osservatore GR (panoramica risultati)

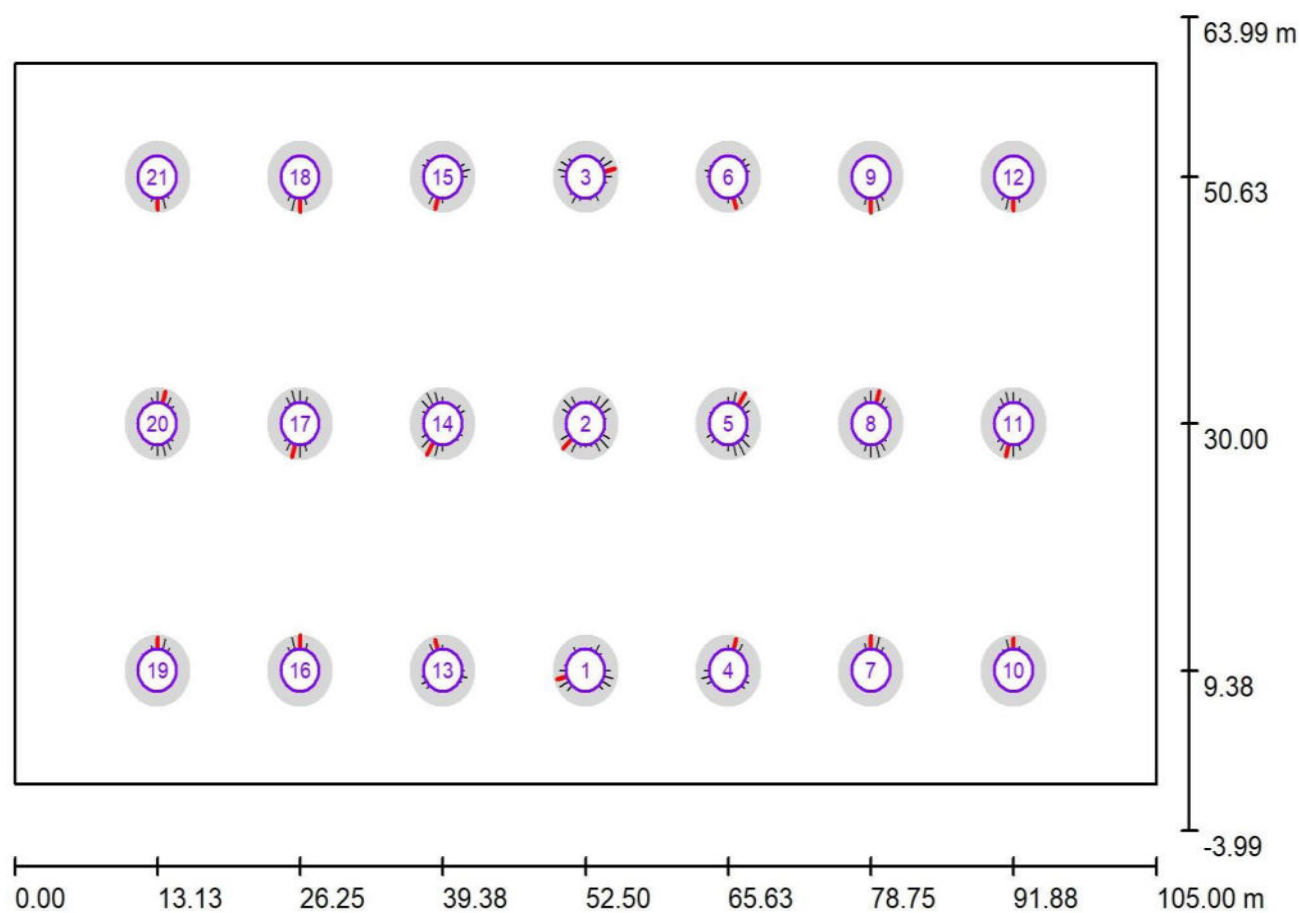


Figura 7. Osservatore GR (Risultati)

Scala 1 : 751

Lista dei punti di calcolo GR

No.	Denominazione	Posizione [m]			Area angolo di mira [°]				Max
		X	Y	Z	Avvio	Fine	Grandezza intervallo	Inclinazione	
1	Osservatore GR 1	52.	9.	1.500	0	360.0		15.0	-2.0
		500	37		.				
			5		0				
2	Osservatore GR 1	52.	30	1.500	0	360.0		15.0	-2.0
		500	.0		.				
			00		0				

Lista dei punti di calcolo GR

No.	Denominazione	Posizione [m]			Avvio	Area angolo di mira [°]			Max
		X	Y	Z		Fine	Grandezza intervallo	Inclinazione	
5	Osservatore GR 1	65. 625	30 .0 00	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
6	Osservatore GR 1	65. 625	50 .6 25	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
7	Osservatore GR 1	78. 750	9. 37 5	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
8	Osservatore GR 1	78. 750	30 .0 00	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
9	Osservatore GR 1	78. 750	50 .6 25	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
10	Osservatore GR 1	91. 875	9. 37 5	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
11	Osservatore GR 1	91. 875	30 .0 00	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0
12	Osservatore GR 1	91. 875	50 .6	1.500	0	360.0 .0		15.0	-2.0

2) La luminanza di velo equivalente calcolata dell'ambiente si basa sul presupposto che le caratteristiche riflettenti dell'ambiente siano pienamente diffuse (secondo EN 12464-2).



Figura 8. Rendering 3D

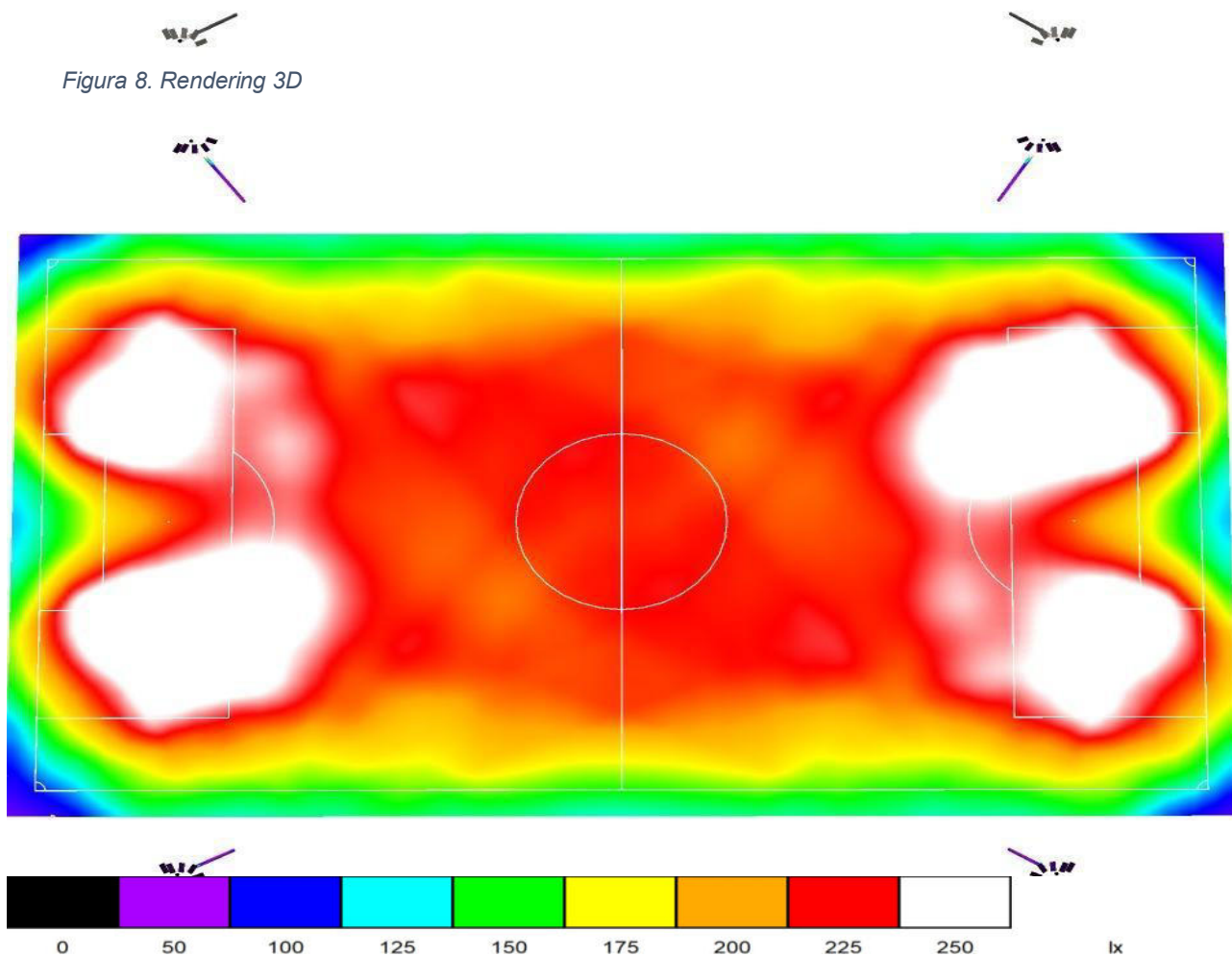


Figura 9. Rendering a colori sfalsati

Scena esterna 1 / Campo da calcio 1 griglia di calcolo (PA) / Livelli di grigio (E, perpendicolare)

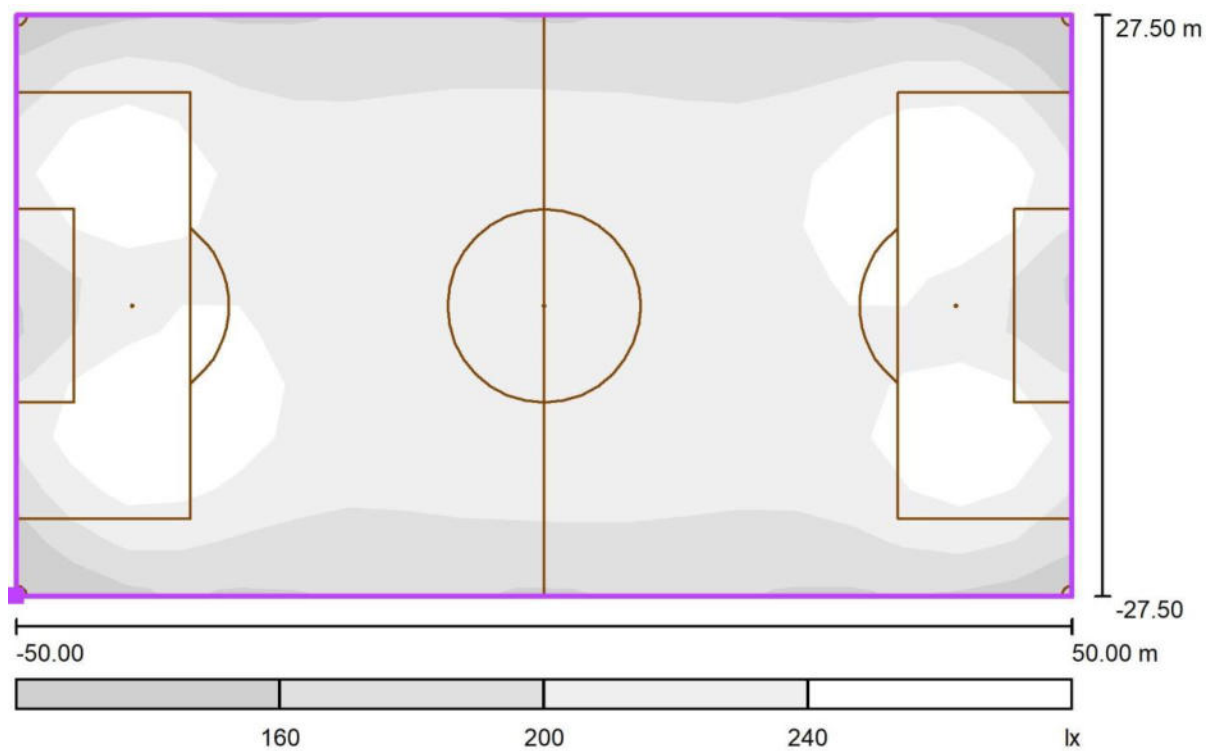


Figura 10. Griglia di calcolo PA (livelli di grigio)

Scala 1 : 715

Posizione della superficie
nellascena esterna:
Punto contrassegnato:
(2.500 m, 2.500 m, 0.000
m)



Reticolo: 19 x 11 Punti

$E_m [lx]$ / E_{max}	$E_{min} [lx]$ 133	$E_{max} [lx]$ 289	E_{min} / E_m 0.61	E_{min} 0.46
---------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------

Scena esterna 1 / Campo da calcio 1 griglia di calcolo (PA)/ Grafica dei valori (E, perpendicolare)

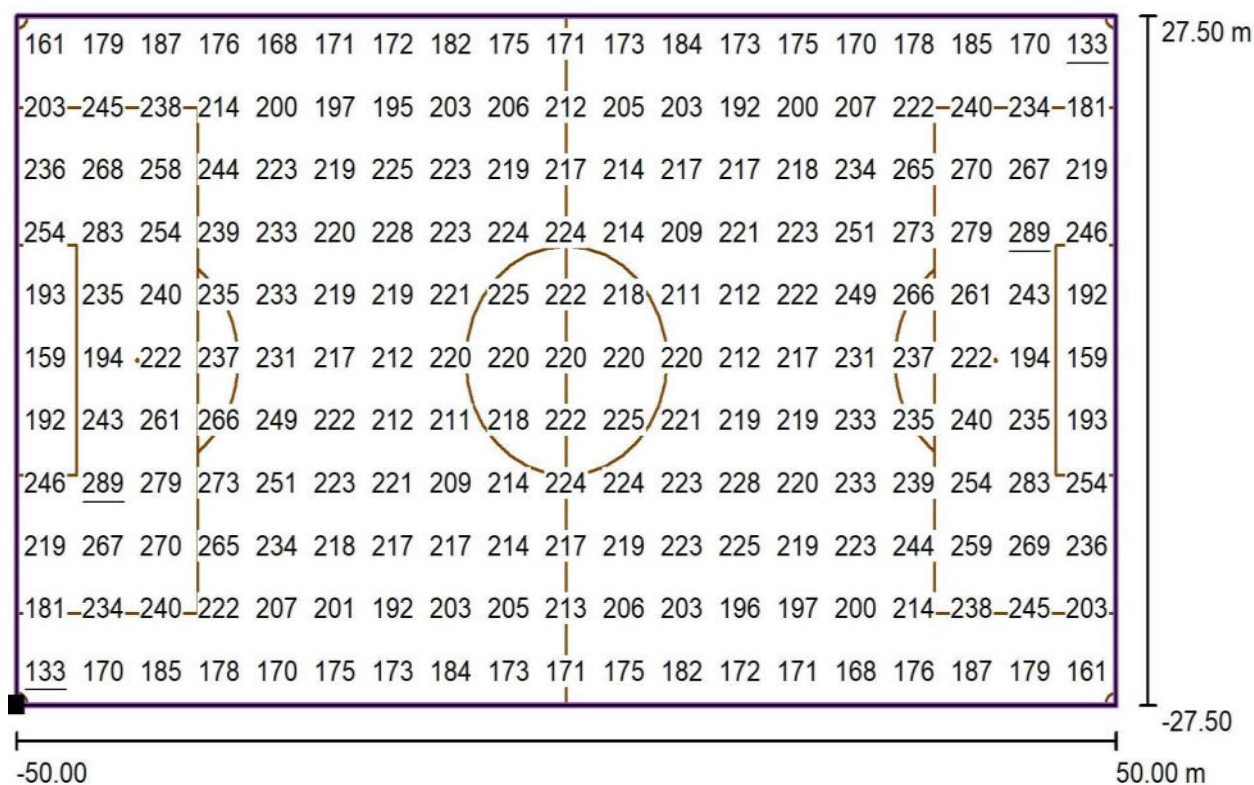


Figura 11. Griglia di calcolo PA

Valori in Lux, Scala 1 : 715

Posizione della superficie nellascena esterna:
 Punto contrassegnato:
 (2.500 m, 2.500 m, 0.000 m)



Reticolo: 19 x 11 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min}
/ E_{max} 217	133	289	0.61	0.46

3.3. Impianto elettrico

Dopo le verifiche sulle scariche atmosferiche e lo studio illuminotecnico si è passato al dimensionamento e riqualificazione dell'impianto elettrico in oggetto.

I lavori di studio e progettazione si sono focalizzati sui seguenti punti:

- La scelta dei corpi illuminanti attraverso i risultati dello studio illuminotecnico;
- Predisposizione di opportuno impianto di illuminazione autonomo di emergenza servito da UPS, rispettando le linee guida delle norme **CEI 34-22⁽¹⁶⁾** e **CEI 34-111⁽¹⁷⁾** che indicano i requisiti e i provvedimenti da prendere in esame sui sistemi di illuminazione d'emergenza.
- Rifacimento del quadro principale, con la sostituzione di tutti gli interruttori che compongono il quadro stesso, dopo opportuni calcoli di dimensionamento rispettando le seguenti norme:
 - **CEI 64⁽⁷⁾** che indica tutti i principi fondamentali per impianti elettrici in CA non superiore a 1000 V;
 - **CEI 23-48⁽¹⁸⁾**, **CEI 23-49⁽¹⁹⁾**, norme di riferimento per prescrizioni generali (la prima) e prescrizioni particolari (la seconda) sugli involucri per apparecchi per installazioni elettriche;
 - **CEI 23-51⁽²⁰⁾**, la quale racchiude tutte le prescrizioni per la realizzazione, verifiche e prove sui quadri di distribuzione;
 - **CEI 17-113⁽¹⁰⁾**, **CEI 17-114⁽¹¹⁾**, all'interno delle quali sono riportate le disposizioni per apparecchiature assiemate di protezione nei quadri BT.
- il calcolo delle sezioni delle condutture a servizio dei proiettori delle torri del campo da calcio a 11 e campo da calcio a 5, prendendo in considerazione le normative vigenti qui di seguito riportate: **CEI 64⁽⁷⁾**, **CEI 11-17⁽⁹⁾**, **CEI UNEL 35023⁽¹³⁾**, **CEI-UNEL 35026⁽¹²⁾** che descrivono la tipologia di cavo e le caratteristiche dello stesso, come portata, caduta di tensione, tipologia di posa e grado di protezione.

Sui quadri elettrici secondari non interessati ai lavori in questione, in particolar modo il quadro spogliatoi e quadro vano tecnico, si sono eseguite insieme all'azienda incaricata dei lavori le verifiche a norma di legge per comprendere se lo stato di fatto dei quadri già esistenti fosse in

linea con le normative vigenti e tecnicamente compatibili con il progetto, come da norma CEI 64-14⁽²¹⁾, che racchiude una guida sulle verifiche da effettuare, e la norma CEI 23-51⁽²⁰⁾, per le prescrizioni specificanti la realizzazione, le verifiche e prove sui quadri di distribuzione.

Si è previsto inoltre che gli impianti all'interno siano installati in ambienti protetti dalle intemperie, nei quali si esclude l'uso di sostanze corrosive che possano modificare o peggiorare le caratteristiche dei componenti installati.

Per quanto riguarda gli impianti all'esterno sono stati progettati con materiali idonei per ambienti all'aperto e che garantiscano un ottimo grado di resistenza agli agenti atmosferici.

La posa dei cavi è completamente in tubazioni sotto traccia.

Inoltre per soddisfare e rispettare i requisiti dell'impianto elettrico sotto l'aspetto tecnico-normativo e di sicurezza si sono fissati questi fondamentali obiettivi:

- la resistenza e affidabilità tecnica nel presente e nel futuro;
- la flessibilità nel tempo cioè la capacità di adeguamento dell'installazione alle mutevoli esigenze tecnico-organizzative future;
- la sicurezza ambientale, cioè la protezione delle persone e delle cose, in piena coerenza con la norma **CEI 64-8**⁽⁷⁾.

Inoltre tutti i materiali utilizzati e gli apparecchi impiegati, rispondenti alle norme CEI, sono adatti all'ambiente in cui sono collocati e hanno caratteristiche tali da resistere alle azioni corrosive, meccaniche, termiche o dovute all'umidità o altri agenti fisici o chimici alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Inoltre tutti i materiali ed apparecchi per i quali è prevista la concessione del marchio di qualità sono muniti del contrassegno IMQ.

Il sistema elettrico in questione è di tipo TT ed è costituito dai seguenti circuiti:

- 4 linee (una per ogni torre) a servizio dei proiettori del campo a 11, ogni torre è dotata di 5 fari di cui uno di emergenza;
- 2 linee per illuminazione d'emergenza campo da gioco a 11, ognuna fornita da un UPS dedicato;

- 2 linee illuminazione campo da calcio a 5;
- linea spogliatoi;
- linea servizi settore ospiti;
- linea servizi settore locali;
- biglietteria;
- vano tecnico;
- linea UPS;
- Riserve x 2;

Nei calcoli per l'esecuzione del progetto si è preso in considerazione il calcolo dei parametri o coefficienti fondamentali per la realizzazione dell'impianto, in particolar modo si è preso in considerazione tutte le tipologie di corrente che interessano un circuito elettrico: corrente di impiego I_b , Correnti di corto circuito, Corrente di corto circuito minima e massima, oltre a prendere in esame la caduta di tensione, il dimensionamento dei conduttori di fase, neutro e terra in base alla norma **CEI 64-8⁽⁷⁾**.

Inoltre in base alla normativa **CEI 64-8/4⁽⁷⁾** sono state predisposte le protezioni dal sovraccarico e le protezioni dalle correnti di corto circuito, oltre a porre grande attenzione per quanto riguarda la protezione contro i contatti indiretti.

Per le modifiche da attuare ai quadri elettrici si è tenuto conto di un opportuno fattore di contemporaneità e di un fattore di utilizzo tali da consentire un corretto dimensionamento degli interruttori. Al fine di garantire la selettività dei moduli differenziali con sensibilità crescente dai sottoquadri ai quadri generali e degli interruttori con potere d'interruzione crescente dai sottoquadri all'interruttore generale.

Le sbarre oltre a comprendere una sbarra di neutro di sezione opportunamente calcolata, comprenderanno una sbarra in rame per la terra interconnessa con quest'ultima e dimensionata in funzione dei valori della massima corrente di corto circuito, a questo sistema di terra sono state connesse tutte le torri dei due campi da gioco, che ovviamente sono caratterizzate da materiali ferrosi, oltre a tutti i componenti di natura ferrosa all'interno della struttura.

Il collettore di terra che accoglie tutti i nodi, di tale sistema è interconnesso con una rete di dispersori (puntazze da 1.50 metri) dislocate opportunamente nella struttura.

Opportune targhette indicatrici, insieme ad una razionale suddivisione in comparti, garantiranno un'ottima individuazione dei vari circuiti.

Tutti i collegamenti di potenza interni al quadro, saranno realizzati ove possibile, con opportune barre in rame elettrolitico supportate da isolatori in resina, oppure con filo a doppio isolamento.

La corrente nominale soddisfa la relazione (protezione contro le correnti di sovraccarico):

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

Il potere di interruzione degli interruttori è stato scelto maggiore del massimo valore di corrente di corto circuito in corrispondenza del loro punto di installazione.

Per rendere più semplice e intuitivo il progetto elettrico qui di seguito è indicato lo schema a blocchi dell'impianto, dove si esplicita in maniera chiara e semplificata la distribuzione dei quadri elettrici mentre le tabelle indicano i dati caratteristici del quadro elettrico principale con gli interruttori e i relativi circuiti che lo compongono, inoltre nell'appendice D si possono trovare gli schemi unifilari del QEP, dove vengono considerate ed indicate tutte le caratteristiche per ogni singolo interruttore.

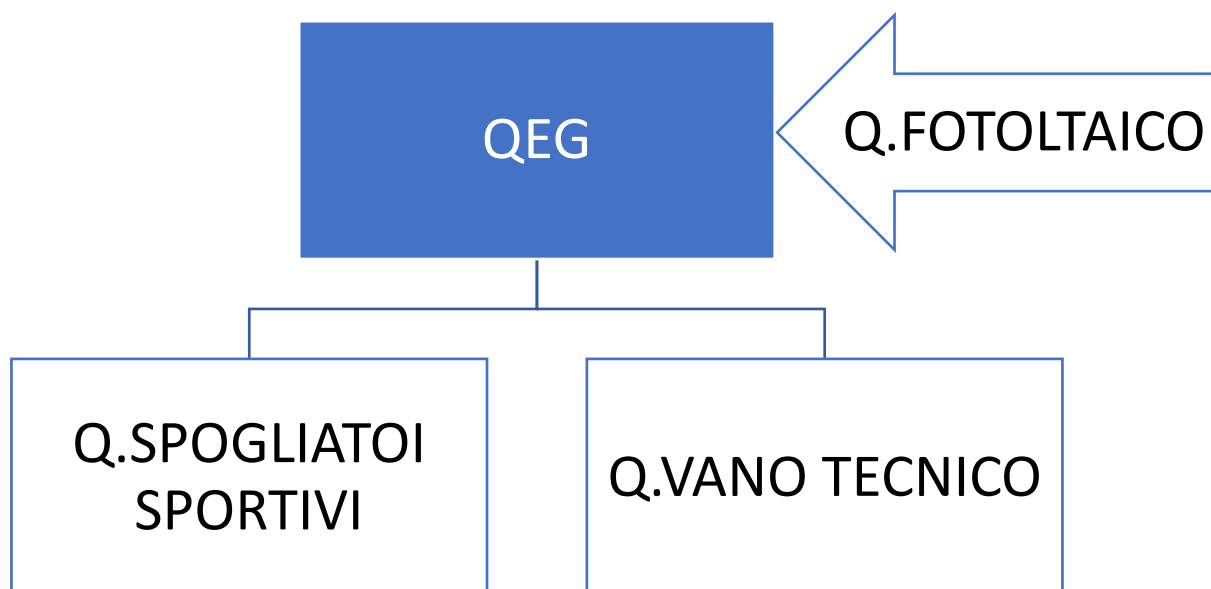


Figura 12. Schema a blocchi della distribuzione elettrica

Quadro elettrico principale

Tabella 14. Quadro elettrico principale

Dati articolo	
Alimentazione	400V TRIFASE
Piano	Piano terra
Codice	Mas 400
Marca	BTicino
Serie	Btdin
Descrizione	Btdin - quadro da esterno 24DIN
Grado IP	IP65
Numero moduli DIN	48
Potenza dissipabile	42
HxLxP	425x345x109 (mm)

Dimensionamento protezioni	
Potere di interruzione	Icn/Icu
Norma CEI EN	60898-1
Metodo selezione In	In = Ib
Tensione limite di contatto (UI)	50 V

Circuiti					
Nome	Dispositivo	Conne ssione	Potenza att.	In	Idn
Int generale	Interruttore magnetotermico differenziale	Trifase	96 kW	100.00 A	0.3 A
Int. palo 1 lato strada	Interruttore magnetotermico differenziale	Trifase	3.6 KW	6.00 A	0.3 A
Int. palo 2 lato strada	Interruttore magnetotermico differenziale	Trifase	3.6 kW	6.00 A	0.3 A
Int. palo 1 lato campagna	Interruttore magnetotermico differenziale	Trifase	3.6 kW	6.00 A	0.3 A

Int. palo 2 lato campagna	Interruttore magnetotermico differenziale	Trifase	3.6 kW	6.00 A	0.3 A
Spogliatoi	Interruttore magnetotermico differenziale	Trifase	27.71 kW	50.00 A	0.03 A
Biglietteria	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	3.17 kW	16.00 A	0.03 A
Servizi pubblici 1	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.19 kW	10.00 A	0.03 A
Servizi pubblici 2	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.19 KW	10.00A	0.03 A
Vano quadro	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	3.168 kW	16.00 A	0.03 A
Bagni settore ospiti	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	3.168 kW	16.00 A	0.03 A
Gruppo di continuità	Interruttore magnetotermico	Monof.	3.58 KW	20.00A	
Emergenza 1 lato spogliatoi	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.800 KW	10.00 A	0.3 A
Emergenza 2 lato settore ospiti	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.800 KW	10.00 A	0.3 A
Luci 1 campo calcio a 5	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.50 KW	10.00 A	0.3 A
Luci 2 campo da calcio a 5	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.50 KW	10.00A	0.3 A
Riserva	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	1.19 KW	10.00A	0.03 A
Riserva	Interruttore magnetotermico differenziale	Monof.	3.17 KW	16.00A	0.03 A

RIEPILOGO CAVI

Dopo aver determinato la sezione dei conduttori di ogni circuito del nostro sistema, si riporta l'elenco dettagliato degli elementi connessi con indicazione della tipologia del cavo, dell'isolante, della lunghezza, della formazione, della designazione, della portata, della corrente di impiego e della caduta di tensione sulla tratta specifica.

Tabella 15. Circuiti elettrici

Denom.	Tipo	Elementi connessi	Tipo Posa	Descrizione	Lungh.	Iz	Ib	C.d.T.
Circuito: Pali								
Palo 1 lato strada	Normale	PROIETTORE LIZARD 900W 1/10V IP65 NE 740 A24 (1.000)	tubazione	FG7OR (5G6)	50	27	18.18 A	1.8 %
Palo 2 lato strada	Normale	PROIETTORE LIZARD 900W 1/10V IP65 NE 740 A24 (1.000)	tubazione	FG7OR (5G6)	125	27	18.18 A	3.40 %

[illegible]

Denom.	Tipo	Elementi connessi	Tipo Posa	Descrizione	Lungh.	Iz	Ib	C.d.T.
Quadro-contatore	Normale	Quadro Elettrico Spogliatoio	tubazione	FG7OR (5G6)	17.6	34	69.94 A	0.88 %
Circuito: Bagni								
Bagni locali	Normale	Linea prese e luci Bagni locali	tubazione	FG7OR (3G2.5)	17.5	23	1.68 A	0.56 %
Bagni ospiti	Normale	Linea prese e luci Bagni ospiti	tubazione	FG7OR (3G2.5)	17.5	23	1.68 A	0.56%
Circuito: biglietteria								
	Normale	Luci e prese Biglietteria	tubazione	FG7OR (3G2.5)	17.5	23	9.59 A	1.52 %
Circuito:Vano Tecnico								
	Normale	Luci e prese Vano Tecnico	tubazione	FG7OR(3G4)	17.5	30	14.4 A	0.98%
Circuito: Luci campo a 5								
Luci 1 campo da calcio a 5	Normale	Beghelli F400 LED F250/F400 230W	tubazione	FG7OR(3G2 .5)	100+120 +140	23	4.38	1.24+1. 49+1.73 %

Denom.	Tipo	Elementi connessi	Tipo Posa	Descrizione	Lungh.	Iz	Ib	C.d.T.
Luci 2 campo da calcio a 5	Normale	Beghelli F400 LED F250/F400 230W	tubazione	FG7OR(3G2 .5)	100+120 +140	23	4.38	1.24+1. 49+1.73 %
Circuito: Bagni settore ospiti								
	Normale	Luci e prese bagni settore ospiti	tubazione	FG7OR(3G1 0)	100	52	15.1	2.23%
Circuito: Gruppo di continuità								
	Normale	Gruppo di continuità da 2 KVa, 1.8 KWh	tubazione	FG7OR(3G2 .5)	10	23	10.10	0.97%
Circuito: Riserve								
Riserva	Normale	nessuno	tubazione				10.00 A	
Riserva	Normale	nessuno	tubaione				16.00 A	

3.4. Impianto fotovoltaico

L'ultima fase dello studio di progettazione è stata quella di dare una soluzione valida al committente in linea con la propria politica e quindi si è pensato di rendere l'impianto sportivo a basso consumo energetico rendendo la struttura ENBTU come suggerito dalle linee guida europee, e contestualmente cercando di abbattere anche i costi in continua crescita sulla fornitura di energia elettrica e quindi di affrontare le criticità del caro bolletta. Per questa fase progettuale si è preso in considerazione la tutela per l'ambiente come obiettivo principale, quindi si è cercato di avere un risparmio sull'utilizzo dei combustibili fossili, una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti e riducendo a "0" l'inquinamento acustico.

Ovviamente un altro aspetto preso sempre in considerazione è stata la compatibilità e la fattibilità di installazione con le esigenze architettoniche della struttura in esame.

Per questo motivo dopo una serie di riflessioni, ipotesi e valutazioni si è optato per utilizzare una fonte rinnovabile, in questo caso un sistema di pannelli fotovoltaici che si prestavano all'installazione sulla superficie di copertura del plesso spogliatoi.

Si è individuato questa superficie perché è stata individuata come la parte più alta e meno interessata da ombreggiature e allo stesso tempo anche quella meno visibile.

Ovviamente i pannelli sono stati progettati per essere installati a sud ovest con una inclinazione di 20-30° anche perché la struttura si presta in maniera efficace a queste condizioni, essendo priva di corpi che possano creare ombreggiatura.

La disposizione dei pannelli è stata pensata in modo da garantire il semplice passaggio e facilitare possibili manovre di manutenzione, per questo motivo si è pensato ad un corridoio centrale tra i due impianti e ovviamente ad un corridoio laterale in modo da garantire la distanza dai parapetti della terrazza, causa di ombreggiatura.

Tutti i pannelli che compongono le varie stringhe sono collegati in serie con connettori (maschio-femmina) IP 65, tutti i percorsi dei cavi sono garantiti da tubazioni apposite a contenere gli stessi per preservarli e garantire l'efficienza nel tempo.

Tutti i componenti a servizio dell'impianto (inverter, contatore, quadro di campo, ecc..) sono stati installati in un piccolo deposito posto tra i due spogliatoi atleti in posizione centrale dello stabile, dove si è arrivati con apposite tubazioni all'interno del quadro di campo.

Si è optato per installarli in un vano chiuso (che si è prestato utile e funzionale alle nostre esigenze di installazione) per preservare gli apparati preposti al funzionamento, e per garantire una maggiore comodità tecnica in fase di controlli e manutenzioni future sull'impianto stesso.

Dopo diverse verifiche si è arrivati alla configurazione attuale con due piccoli parchi autonomi e indipendenti con una potenza totale di 18,98 kWp per una potenza di 30kWp in CA.

Il numero dei moduli sono complessivamente 33 e coprono una superficie di 82,25 m² con una produzione annua di 24,637 MWh, che va ad incidere positivamente e in maniera importante sul consumo annuale dell'impianto.

Si è preferito utilizzare dei pannelli a celle monocristalline di marca Jinko Solar e due inverter di marca Azzurro con una potenza nominale CA di 15 Kw, a servizio dei due blocchi di pannelli.

Si è quindi preferito utilizzare celle di tipo monocristallino trascurando il fattore "costo" che rappresenta lo svantaggio più comune rispetto ai pannelli policristallini, ma si è preferito sfruttare tutti gli altri vantaggi di tale cella, ossia si è puntato ad avere una maggiore efficienza energetica anche nei mesi invernali, mesi in cui il campo si presume dovrebbe essere al pieno delle sue attività, perché il monocristallino come già risaputo si presta meglio alle basse temperature, inoltre presenta una maggiore durevolezza nel tempo ed una maggiore qualità del pannello stesso.

Un altro motivo sulla scelta effettuata è stato anche il fatto che le celle di carattere monocristallino hanno una caratteristica fondamentale che si presta molto al nostro caso, ossia occorrono un numero minore di pannelli rispetto

al tipo policristallino e quindi ideale per superficie ridotte o non vaste come il nostro caso, con la stessa o addirittura maggiore produzione di energia di un impianto a pannelli di tipo policristallino.

Inoltre anche se non strettamente necessario o richiesto si è voluto sfruttare in pieno tutti i vantaggi di questo tipo di cella ossia anche l'aspetto estetico dove la tipologia del pannello scelto è meno invadente rispetto ad altri suoi concorrenti.

Per effettuare una scelta progettuale congrua e soddisfacente si è utilizzato il programma In Sun ideale per la progettazione di impianti fotovoltaici, dove qui di seguito sono stati estratti gli istogrammi e grafici che rappresentano le performance energetiche in ogni mese dell'anno, oltre ad essere indicate tutte le caratteristiche tecniche dei dispositivi utilizzati e richiesti nel progetto. Nell' ultima pagina si potrà trovare lo schema unifilare semplificato che rappresenta la composizione dell'impianto fotovoltaico in essere rappresentando tutti i componenti necessari per un corretto funzionamento dello stesso e la connessione elettrica tra di essi, dove sono indicate anche tutte le specifiche dei dispositivi utilizzati.

Progetto: campo comunale seclì

Data: 19/07/2022 06:29:27

Riferimento: Configurazione 4

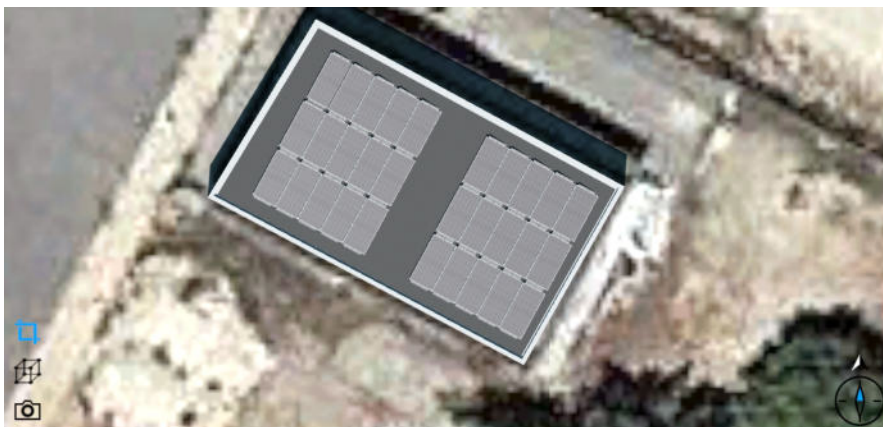
Descrizione: impianto fotovoltaico

Indirizzo: 43GX+FX Seclì LE, Italia

Latitudine: 40,1262

Longitudine: 18,0999

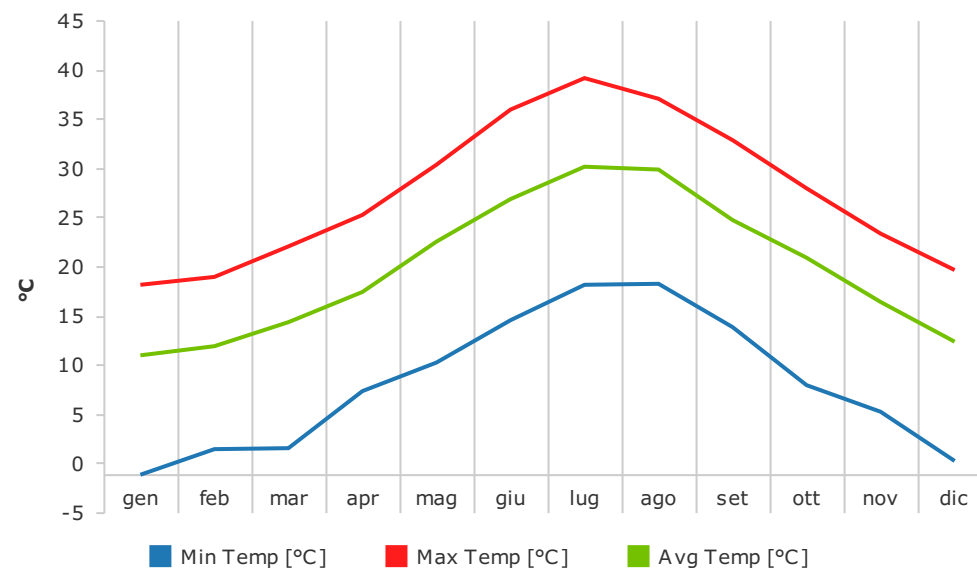
Altitudine: 82,47 m



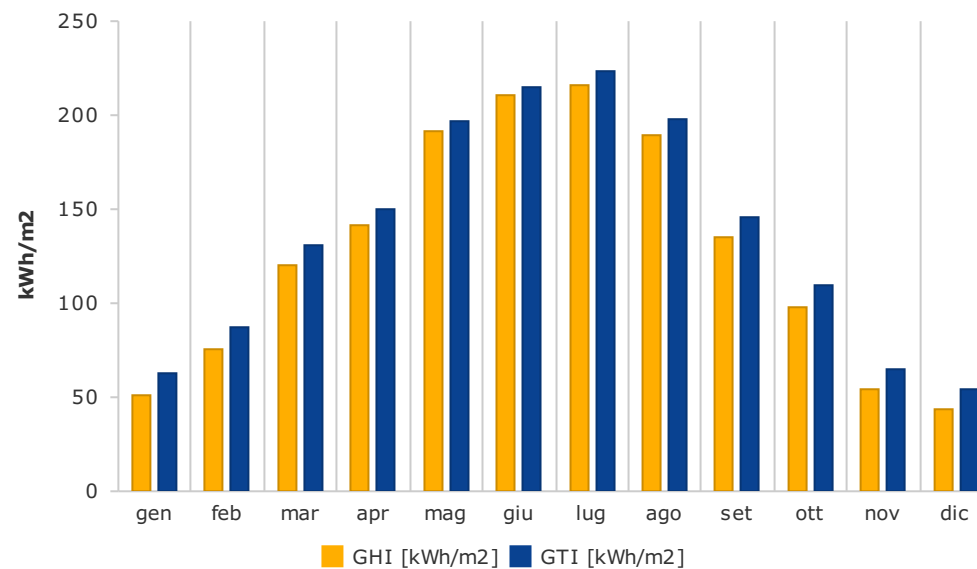
Riepilogo impianto

Superficie dei moduli:	85,25 m ²	Potenza nominale CC:	18,98 kWp
Potenza nominale CA:	30,00 kWp	GHI annuale:	1.527,09 kWh/m ²
GTI annuale:	1.638,73 kWh/m ²	Produzione energetica annuale:	24,637 MWh
Produzione specifica:	1.298,37 kWh/kWp	Performance Ratio PR:	80,27 %
Provider dati meteo:	Meteonorm	Performance Ratio PR TA:	82,39 %

Dati meteo [Meteonorm]



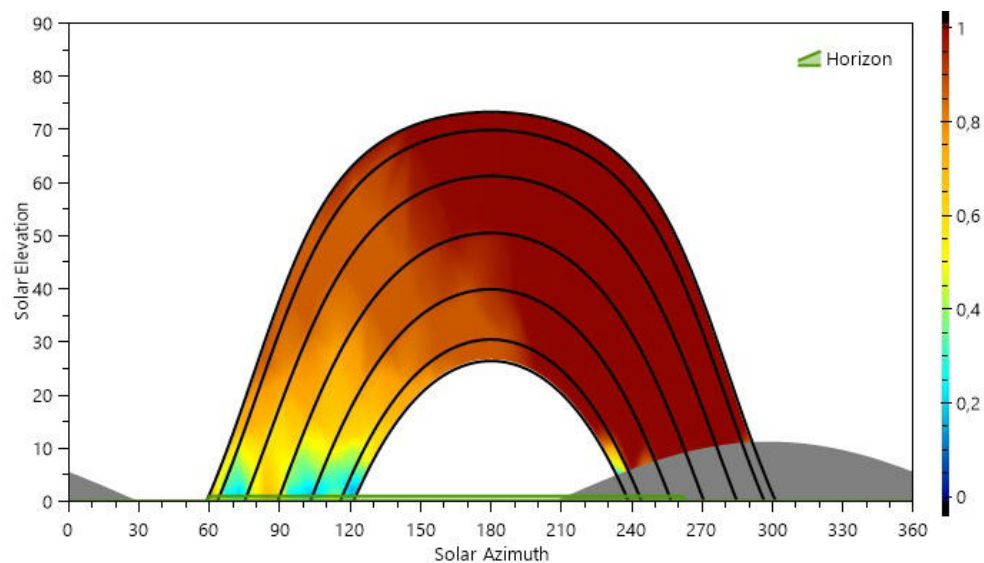
Irraggiamento globale



Design impianto

Campo FV :	Falda 4_P1	Potenza Installata:	18,98 kWp
Angolo falda:	0,00 °	Inclinazione moduli:	11,00 °
Azimuth:	-61,60 °	Range operativo temperature:	-1 / 66 °C
Irraggiamento globale annuo inclinato:		1.527,09 kWh/m²	
Irraggiamento globale annuo orizzontale:		1.638,73 kWh/m²	

Orizzonte



Moduli

Produttore:	Jinko Solar Holding Co., Ltd.	Modello:	JKM575N-72HL4
Numero di moduli:	33	Massima potenza:	575 Wp
Tipo di cella:	Mono N-type	Numero di celle:	144
Corrente di cortocircuito I _{sc} :	14,39	Tensione circuito aperto V _{oc} :	50,88
Corrente di massima potenza I _{mp} :	13,62	Tensione massima potenza V _{mp} :	42,22

Altre perdite

Perdite cavi:	1,0 %	Perdite mismatch:	0,0 %
Perdite trasformatore:	0,0 %	Perdite LID:	1,5 %
Efficienza MPPT inverter:	0,1 %	Perdite da sporco:	1,0 %

Inverter 1



Modello	3PH HYD15000 ZSS-HYD 15000 T
Potenza nominale CA	15 kW
Tensione nominale	600 V
Numero canali MPPT	1
Numero totali di moduli	17
Potenza CC installata a STC	9,775 kW

	MPPT 1
Campo FV	Falda 4
Moduli per stringa	17
Numero di stringhe in parallelo	1
Numero totali di moduli	17
Potenza installata massima MPPT [kW]	9,775
Potenza massima di canale MPPT [kW]	15
PPV (inst)/MPPTi/PMMPTMAX	0,65
PPV (inst)/PACR	65,17%
PPV (inst)/PACMAX	59,24%
Tensione di ingresso massima inverter	1000
Tensione di attivazione	250
Range operativo MPPT a massima potenza	250 - 960
V _{oc} _max stringa a circuito aperto @Min.Temp	921,61
V _{oc} _min stringa a circuito aperto @Max.Temp	776,73
V _{mp} _Max tensione stringa @Min.Temp	764,75
V _{mp} _Min tensione stringa @Max.Temp	644,53
Massima corrente I _{sc} per canale	60
Corrente CC I _{sc} @Max.Temp	14,66
Corrente massima I _{mp}	50
Corrente massima I _{mp} @Max.Temp	13,88

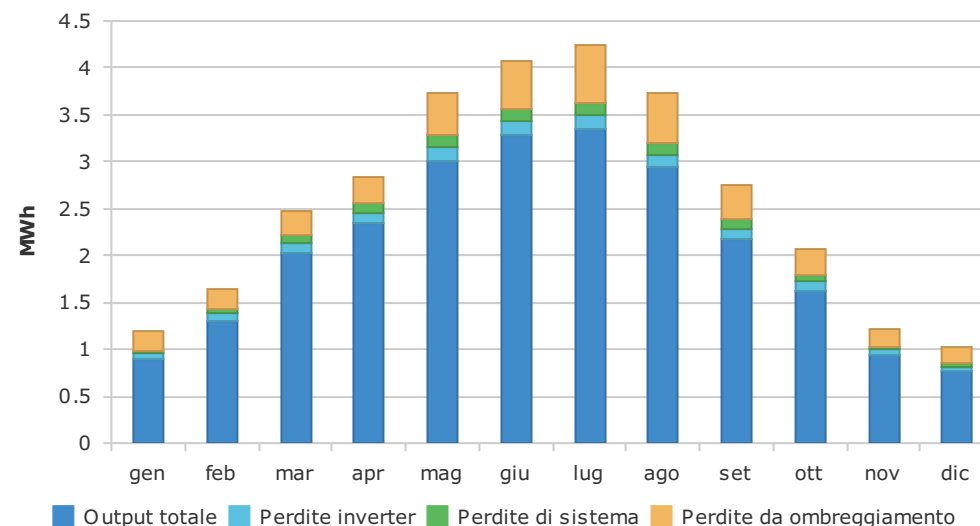
Inverter 2



Modello	3PH HYD15000 ZSS-HYD 15000 T
Potenza nominale CA	15 kW
Tensione nominale	600 V
Numero canali MPPT	1
Numero totali di moduli	16
Potenza CC installata a STC	9,2 kW

	MPPT 1
Campo FV	Falda 4
Moduli per stringa	16
Numero di stringhe in parallelo	1
Numero totali di moduli	16
Potenza installata massima MPPT [kW]	9,2
Potenza massima di canale MPPT [kW]	15
PPV(inst),MPPTi/PMMPTMAX	0,61
PPV(inst)/PACR	61,33%
PPV(inst)/PACMAX	55,76%
Tensione di ingresso massima inverter	1000
Tensione di attivazione	250
Range operativo MPPT a massima potenza	250 - 960
Voc_max stringa a circuito aperto @Min.Temp	867,40
Voc_min stringa a circuito aperto @Max.Temp	731,04
Vmp_Max tensione stringa @Min.Temp	719,77
Vmp_Min tensione stringa @Max.Temp	606,62
Massima corrente Isc per canale	60
Corrente CC Isc @Max.Temp	14,66
Corrente massima Imp	50
Corrente massima Imp @Max.Temp	13,88

Produzione Energia



Dati principali della simulazione

Mese	Ta °C	EPOA MWh	EShading MWh	EEff MWh	EGrid MWh
Gennaio	9,32	1,18	0,99	0,95	0,89
Febbraio	9,99	1,64	1,43	1,38	1,30
Marzo	12,63	2,48	2,21	2,12	2,02
Aprile	15,72	2,84	2,55	2,45	2,34
Maggio	20,71	3,73	3,28	3,15	3,01
Giugno	25,38	4,08	3,57	3,43	3,28
Luglio	28,24	4,23	3,63	3,49	3,34
Agosto	28,05	3,74	3,20	3,08	2,94
Settembre	22,97	2,76	2,38	2,29	2,18
Ottobre	19,12	2,08	1,79	1,72	1,63
Novembre	14,76	1,22	1,03	0,99	0,93
Dicembre	10,66	1,02	0,85	0,82	0,76
Produzione annuale	217,55	31,00	26,91	25,87	24,64

Ta: Temperatura media **EPOA:** Produzione globale piano inclinato

EShading: Produzione piano inclinato con perdite ombre **EGrid:** Energia globale immessa in rete

EEff: Produzione globale con perdite di sistema

Performance Ratio PR

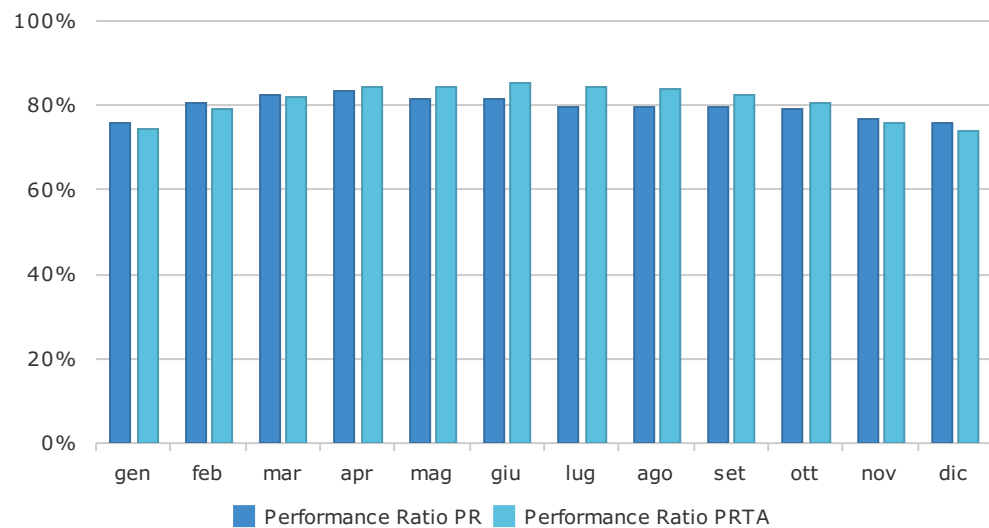
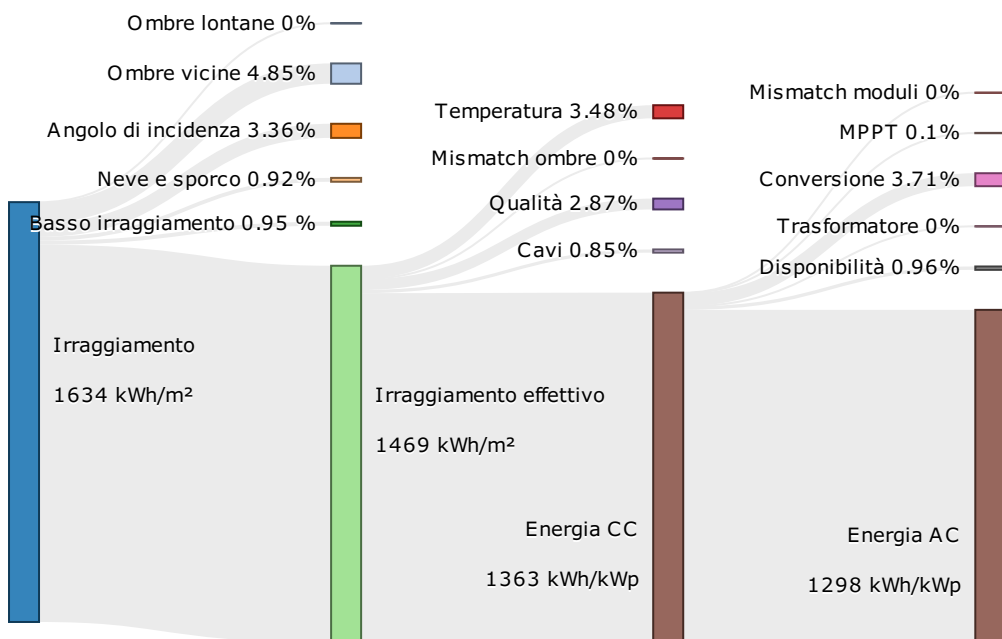


Diagramma perdite annuali



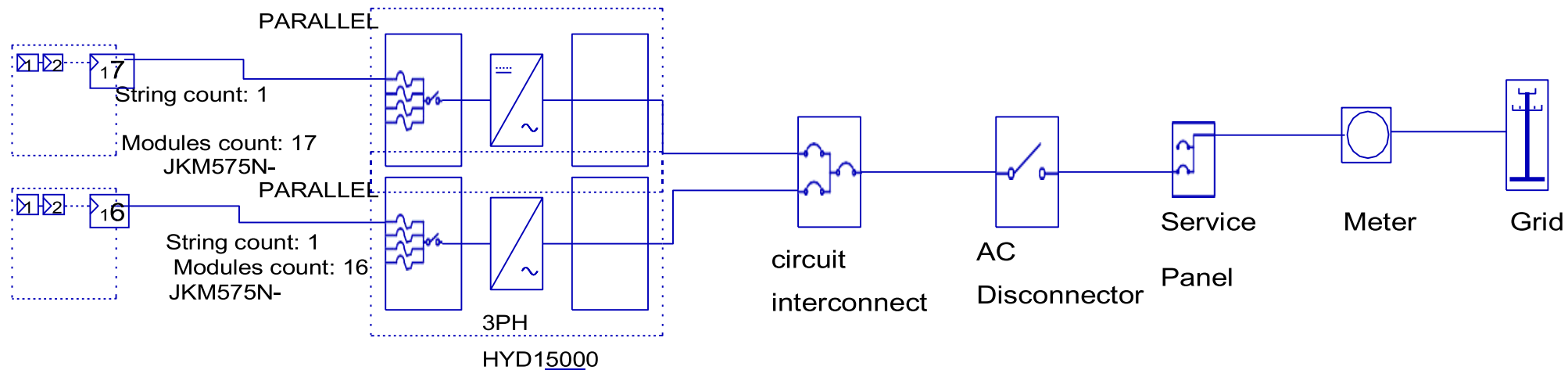


Figura 13. Schema a blocchi impianto fotovoltaico

3PH HYD15000 ZSS HYD 15000 T

Inverters specification

No	Name	Max AC Power	Max Input Voltage	Qty
1	3PH HYD15000 ZSS HYD 15000 T	16.5 kW	1000 V	2

Modules specification

No	Name	STC Rating	Vmp	Imp	Voc	Isc	Qty
1	JKM575N-72HL4	575 W	42.22 V	13.62 A	50.88 V	14.39 A	33

Conclusioni

Il progetto fin dall' origine ha avuto due obbiettivi principali da perseguire e raggiungere.

Il primo obbiettivo è stato quello di rendere la nuova struttura tecnicamente efficiente ed altamente operativa, in linea con i riferimenti normativi in vigore, risolvendo e allineando qualora si sarebbero presentati in fase di cantiere anche situazioni poco conformi o tecnicamente non corrette, senza trascurare la sicurezza e preservando la struttura e gli utenti all'interno della stessa.

Il secondo obbiettivo è stato quello di proporre al committente una soluzione valida tecnicamente e in linea con la loro politica, ossia rendere la struttura sportiva a basso efficientamento energetico, quindi perseguendo la strada del green e del rispetto verso l'ambiente.

Per questo motivo si è svolto uno studio illuminotecnico che ci potesse garantire di avere ottimi risultati tecnici e una adeguata scelta dei proiettori optando ovviamente per una tecnologia led.

Inoltre si è cercato di pensare ad una distribuzione che potesse limitare i consumi e potesse garantire una distribuzione funzionale e che potesse dare la possibilità di sezionare le varie utenze o luoghi di interesse.

Per implementare l'efficientamento energetico e rendere la struttura ENBTU e per ammortizzare i costi energetici di fornitura e contrastare il caro bolletta si è preferito utilizzare una forma di energia rinnovabile come il fotovoltaico, soluzione di facile realizzazione ed economicamente più accessibile.

Per rispettare i vincoli normativi si è preso conto non solo delle normative vigenti sugli impianti elettrici e di sicurezza come le normative CEI e UNI ma anche delle normative CONI, in quanto impianto sportivo, infatti risulta necessario acquisire il parere sul progetto da parte del CONI e dei VV.F.

A conclusione dei lavori, sarà necessario attivare le procedure autorizzative da parte della competente commissione comunale per i locali di pubblico spettacolo.

Bibliografia e Riferimenti Normativi

Luciano Luciani “Progettare l'impianto elettrico” 2018 Grafill

Federico Arieti “Progettare edifici a energia zero “2020 Maggioli Editori

www.voltinum.it

www.zumtobel.com

Regolamento Impianti Sportivi L.N.D.2016/17;

Norme CONI (ultima edizione giugno 2008)

D.Lgs. 9/4/08 n.81 TESTO UNICO sulla salute e sicurezza sul lavoro e succ. mod. e int.

D.Lgs. 3/8/09 n.106 Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

Legge 186/68 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.

DPR 151 01/08/11 Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.

D.Lgs. 22/01/08 n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 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.

Legge L.R. n.19 del 29 Settembre 2003 “Norme in materia di riduzione dell' inquinamento luminoso di risparmio energetico”

D. L. 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 n.186 del 1 Marzo 1968 Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente distributore di energia elettrica (ENEL);

Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003 sull' attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

Legge n. 239 del 23-08-2004 sul riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.

Decreto Legislativo n. 192 del 19-08-2005 sull' attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto 2-03-2009 sulle disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare. Legge n. 99 del 23 luglio 2009: disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia.

Decreto Ministero dello sviluppo economico del 19 maggio 2015 (GU n.121 del 27-5-2015) sull' approvazione del modello unico per la realizzazione, la connessione e l'esercizio di piccoli impianti fotovoltaici integrati sui tetti degli edifici. Sicurezza D.Lgs. 81/2.

CEI EN 62305-2⁽¹⁾ Protezione contro il fulmine - Parte 2: Valutazione del rischio.

CEI 81-29⁽²⁾ Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305.

CEI 81-10/1⁽³⁾ Protezione contro i fulmini. Principi generali.

CEI 81-10/2⁽⁴⁾ Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio.

CEI 81-10/3⁽⁵⁾ Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.

CEI 81-10/4⁽⁶⁾ Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.

CEI 64-8⁽⁷⁾ Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua.

CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 1: oggetto, scopo e principi fondamentali.

CEI 64-8/2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 2: definizioni.

CEI 64-8/3 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 3: caratteristiche generali.

CEI 64-8/4 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 4: prescrizioni per la sicurezza.

CEI 64-8/5 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 5: scelta ed installazione dei componenti elettrici.

CEI 64-8/6 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 6: verifiche.

CEI 64-8/7 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 7: ambienti ed applicazioni particolari.

CEI 64-8; V1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Contiene modifiche ad alcuni articoli nonché correzioni di inesattezze riscontrate in alcune Parti della Norma CEI 64-8.

CEI 64-8; V2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. La Variante si è resa necessaria in seguito alla pubblicazione di nuovi documenti CENELEC della serie HD 60364.

CEI 64-8; V3 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Contiene il nuovo Allegato A della Parte 3: "Ambienti residenziali - Prestazioni dell'impianto" e modifiche ad alcuni articoli della Norma CEI 64-8 in seguito al contenuto dell'Allegato A.

CEI 64-12⁽⁸⁾ Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale.

CEI 11-17⁽⁹⁾ Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.

CEI 17-113⁽¹⁰⁾ Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali.

CEI 17-114⁽¹¹⁾ Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di potenza.

CEI-UNEL 35026⁽¹²⁾ Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

CEI-UNEL 35023⁽¹³⁾ Cavi per energia isolati in gomma o con materiale termoplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4. Cadute di tensione.

UNI 11630/2016⁽¹⁴⁾ "Disposizioni del processo di elaborazione del progetto illuminotecnico e la relativa documentazione"

UNI EN 12193/2008⁽¹⁵⁾ "Illuminazione di installazioni sportive" Normative Specifiche: per le torri faro

CEI 11-25⁽¹⁵⁾ Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata. Parte 0: calcolo delle correnti.

CEI 34-22⁽¹⁶⁾ Apparecchi di illuminazione. Parte 2: prescrizioni particolari. Apparecchi di illuminazione di emergenza.

CEI 34-111⁽¹⁷⁾ Sistemi di illuminazione di emergenza

CEI 23-48⁽¹⁸⁾ Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Parte 1: prescrizioni generali

CEI 23-49⁽¹⁹⁾ Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Parte 2: prescrizioni particolari per involucri destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile.

CEI 23-51⁽²⁰⁾ Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazione fisse per uso domestico e similare.

CEI 64-14⁽²¹⁾ Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.

CEI 64-50 Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici.

CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.

CEI 0-10 Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.

CEI 3-50 Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature. Parte 2: Segni originali.

CEI 0-10 Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.

CEI 0-11 Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza

CEI 64-100/1 Edilizia residenziale. Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 1: Montanti degli edifici.

CEI 64-17 Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri.

CEI 64-54 Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per i locali di pubblico spettacolo.

CEI 23-50 Spine e prese per usi domestici e similari. Parte 1: prescrizioni generali.

CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

CEI EN 60904-1(CEI 82-1) dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.

CEI EN 60904-2 (CEI 82-2) dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.

CEI EN 61194⁽²²⁾ parametri caratteristici dei sistemi fotovoltaici (FV) autonomi.

CEI EN 61277⁽²³⁾ sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica: Generalità e guida.

CEI EN 60904-3⁽²⁴⁾ (CEI 82-3) dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.

CEI 11-20⁽²⁵⁾ impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI EN 61215 (CEI 82-8) moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.

CEI EN 62093 (CEI 82-24) componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.

CEI EN 50380 (CEI 82-22) fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.

CEI EN 50530 (CEI 82-35) rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

Inoltre dovranno essere rispettate tutte le leggi e le norme vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate e le prescrizioni di Autorità Locali, VV.F., Ente distributore di energia elettrica, Impresa telefonica, INAIL, ASL, ecc.

Appendice A: “Norme Coni”

Norme CONI
Tabella B
Caratteristiche illuminotecniche degli spazi di
attività

Spazi - impianti	All'aperto				Al coperto			
	Livello attività	Illuminamento medio (lux)	Ill.min./ill.medio	Illuminamento specifico (lux)	Illuminamento medio (lux)	Ill.min./ill.medio	Illuminamento specifico (lux)	Note
Atletica leggera	3	500	0,7	2000 *	500	0,7	2000 *	* fotofinish
	2	300	0,6		300	0,6		
	1	200	0,5		200	0,5		
Attività natatorie (piscine)	3	500	0,7		500	0,8		
	2	300-200	0,7		300	0,5		
	1	200-100	0,5		200	0,5		
Badminton	3 - 2				750-500	0,7		
	1				300	0,7		
Baseball Softball	3	1200 ⁽¹⁾ 1000 ⁽²⁾	0,8 ⁽¹⁾ 0,7 ⁽²⁾		750 ⁽¹⁾ 500 ⁽²⁾	0,5 ⁽¹⁾ 0,5 ⁽²⁾		(1) infield (2) outfield (1) infield (2) outfield (1) infield (2) outfield (1) infield (2) outfield
	2	900 ⁽¹⁾ 600 ⁽²⁾	0,8 ⁽¹⁾ 0,7 ⁽²⁾					
	1	600 ⁽¹⁾ 450 ⁽²⁾	0,7 ⁽¹⁾ 0,6 ⁽²⁾					
	1	600 ⁽¹⁾ 450-200 ⁽²⁾	0,7 ⁽¹⁾ 0,6 ⁽²⁾					
Bocce	3	300	0,7		500	0,7		
	2	200	0,7		300	0,6		
	1	200	0,5		200	0,5		
Bowling	3				500	0,8	1000 *	* bersaglio
	2				500	0,8	500 *	* bersaglio
	1				300	0,5	200 *	* bersaglio
Calcio * Calcio a 5	3	800-500	0,7-0,5					* ved. Appendice alla tabella C
	2	200	0,6					
	1	75	0,5					
	2	300	0,5-0,4					
	1	100	0,4-0,3					
	3	300	0,6		750-500	0,7		
	2	200	0,6		300	0,5		
Ciclismo	1	200	0,5		300	0,5		* fotofinish
	3	300	0,4	2000 *	300	0,4	2000 *	

	2 1	300 100-50	0,4 0,4-0,3				*	
Golf minigolf - pratica	3-2 1	10-15 ⁽¹⁾ 100		50 ⁽²⁾				⁽¹⁾ piano vert.- ⁽²⁾ buca
Hockey (prato e indoor)	3 2 1	500 300 200	0,7 0,7 0,7		750 750 400	0,7 0,7 0,7- 0,6		
Pattin. rotelle	3 2 1	400 300 100	0,6 0,6 0,5		400 300 100	0,7- 0,6 0,5 0,5		
Handball	3 2 1	300 200 200	0,6 0,6 0,5		750- 500 300 300	0,7 0,5 0,5		
Lotta - Pesistica Judo	3 - 2 1				500 300	0,7 0,6		
Pallacanestro Pallavolo	3 2 1	300 200 200	0,6 0,6 0,5		750- 500 300 300	0,7 0,5 0,5		
Pugilistica	3 2 1				500 500 300	0,7 0,7 0,6	5000 * 2000 *	* sul quadrato * sul quadrato
Rugby	3 2 1	500 200 75	0,7 0,6 0,5					
Sport equestri	3-2 1	200 100	0,5 0,3		200 100	0,5 0,4		
Sport motoristici	3 2 1	300 300 100-50	0,4 0,4 0,4-0,3	2000 *	300	0,4	2000 *	* fotofinish
Sport sul ghiaccio	3 2 1	500 300 100	0,6 0,5 0,4		750 500 300	0,7 0,5 0,5		
Squash	3-2 1				750- 500 300	0,7 0,7		
Tennis	3 2 1	750-500 300 200	0,7 0,6-0,5 0,5-0,4		750- 500 300 200	0,7 0,6 0,5		
Tennistavolo	3 2 1				700 500 300	0,7 0,7 0,7		
Tiro a segno	3-2-1	500-300	0,5	500 ⁽¹⁾ 300 ⁽²⁾	500- 300	0,5	500 ⁽¹⁾ 300 ⁽²⁾	⁽¹⁾ bersaglio ⁽²⁾ pedana
Tiro con l'arco	3 2 1	400 300 150	0,7 0,5 0,4		400 300 150	0,7 0,5 0,4		

N.B. Il rapporto tra illuminamento orizzontale ed illuminamento verticale dovrà essere compreso tra 0,5 e 2

NORME CONI

Appendice alla tabella B:

Valori dell'illuminamento sul piano orizzontale secondo

le norme UEFA

Numero di spettatori	fino a 10.000	oltre 10.000 fino a 20.000	oltre 20.000
Distanza massima spettatori dal centro campo (m)	130	150	180
Livello di illum. medio minimo accettabile (lux)	150	250	400
Livello di illum. medio minimo consigliato (lux)	250	400	800

Valori dell'illuminamento sul piano verticale secondo le norme FIGC

Numero spettatori	fino a 3000	da 3000 a 5000	oltre 3000 fino a 10000	oltre 10000 fino a 20000	oltre 20000
Illuminamento medio (lux)	100	150	250	400	800

NORME CONI

Tabella C

Caratteristiche

ambientali

Tipologia	Temp. aria °C	Umidità relativa %	Illum. medio Lux	Ricambi aria volumi amb./ora	Velocità massima aria m/sec ⁽¹⁾	Livello massimo rumore ambiente dBA ⁽²⁾	Locali
Sale al chiuso	16-20	50	⁽³⁾	⁽⁴⁾	0,15	40	sala di attività
	20-22	50	200	⁽⁴⁾	0,15	40	sale preatletismo
	18-22	50	150	5	0,15	40	spogliatoi ⁽⁷⁾
	22	70	80	8	0,15	50	docce ⁽⁸⁾

	22	60	80	5-8	0,15	40	servizi igienici
	20	50	200	2,5	0,15	40	pronto soccorso
	20	50	200	1,5	0,15	40	uffici
	20	50	200	1	0,20	40	atrio
	16	50	100	0,5-1	0,25	50	magazzini
	20	50	150	0,5	0,20	40	locali vari
Impianti natatori	28	70	(³)	(⁵)	0,15	40	sala di attività
	28	70	300	3	0,15	40	sale
							preatletismo
	24	60	150	5	0,15	40	spogliatoi
	24	70	80	8	0,15	50	docce (⁸)
	20	60	80	5-8	0,15	40	servizi igienici
	22	50	200	2,5	0,15	40	pronto soccorso
	20	50	300	1,5	0,15	40	uffici
	20	50	200	1,5	0,20	40	atrio
	20	50	100	0,5-1	0,25	50	magazzini
	20	50	150	0,5	0,20	40	locali vari
Servizi per impianti all'aperto	20-	50	200	3	0,15	40	sale
	22						preatletismo
	20	50	150	3	0,15	40	spogliatoi
	20	70	80	8	0,15	50	docce (⁸)
	20	50	80	5-8	0,15	40	servizi igienici
	20	50	200	2,5	0,15	40	pronto soccorso
	20	50	300	1,5	0,15	40	uffici
	20	50	200	1,5	0,20	40	atrio
	16	50	100	0,5-1	0,25	50	magazzini
	20	50	150	0,5	0,20	40	locali vari

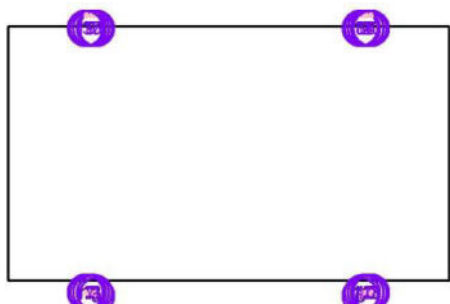
Note:

1. I valori si riferiscono al caso di ventilazione artificiale. Per la sala di attività si intendono validi per tutto il volume interessato al gioco (attrezzi compresi); per gli altri locali fino ad una distanza minima di m 2 dalle persone
2. Il livello di rumore è quello prodotto dalle apparecchiature e impianti tecnici installati nei locali
3. Per i valori dell'illuminamento dello spazio di attività fare riferimento alla [tabella B](#)
4. almeno 20 m³/ora/persona al massimo affollamento e comunque non meno di 1 volume ambiente all'ora
5. 50 m³/ora per ogni m² di vasche servite
6. 28°C per le vasche non nuotatori
7. Indicativamente la temperatura dell'aria negli spogliatoi è opportuno sia superiore di 2 - 4 °C a quella della sala di attività

Appendice B: “Dati Verifica illuminotecnica”

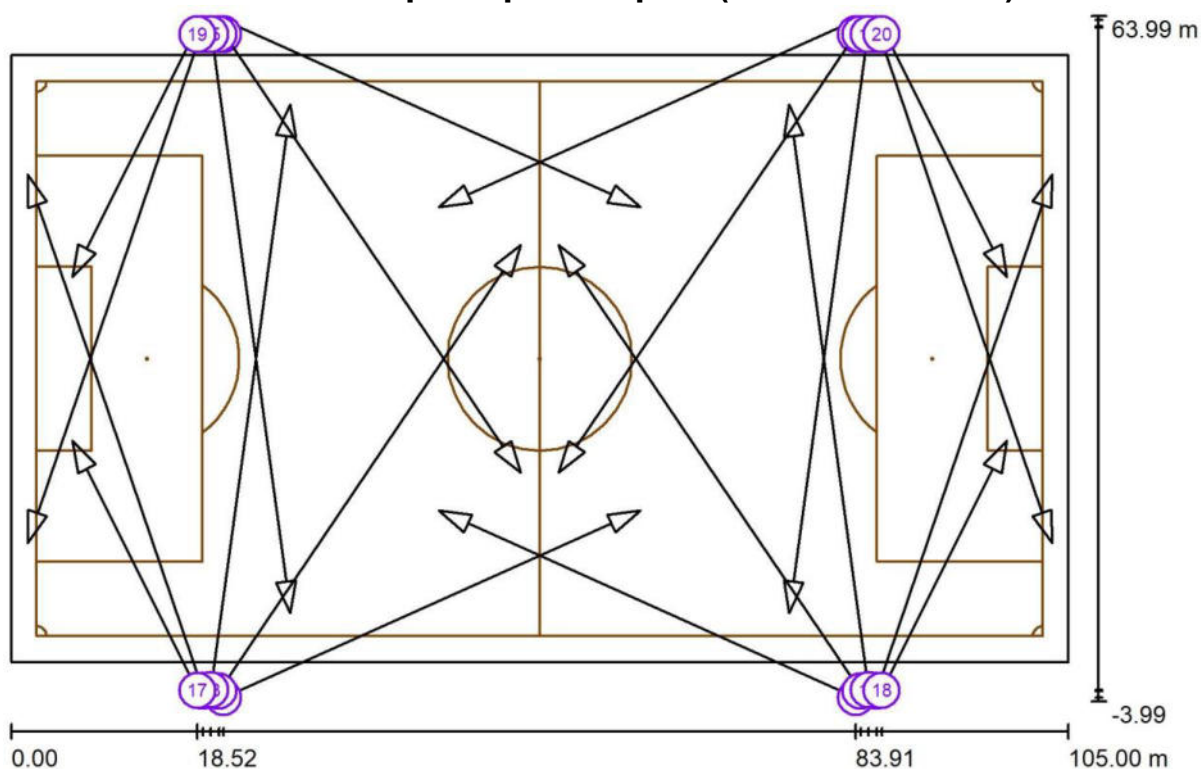
Scena esterna 1 / Lampade (lista coordinate)

LUXI Illuminazione FLLZ900A24B740D PROIETTORE LIZARD 900W 1/10V IP65 NE 740A24
108799 lm, 902.7 W, 1 x 9 x LED (Fattore di correzione 1.000).



No .	Posizione [m]			Rotazione [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	19.032	-2.938	20.000	0.0	-17.2	108.8
2	85.968	-2.938	20.000	0.0	-17.2	71.2
3	19.032	62.938	20.000	0.0	-17.2	-108.8
4	85.968	62.938	20.000	0.0	-17.2	-71.2
5	21.092	-3.630	20.000	0.0	-13.7	24.2
6	83.908	-3.630	20.000	0.0	-13.7	155.8
7	21.092	63.630	20.000	0.0	-13.7	-24.2
8	83.908	63.630	20.000	0.0	-13.7	-155.8
9	20.619	-2.994	20.000	0.0	-17.0	55.9
10	84.381	-2.994	20.000	0.0	-17.0	124.1
11	20.619	62.994	20.000	0.0	-17.0	-55.9
12	84.381	62.994	20.000	0.0	-17.0	-124.1
13	19.819	-2.868	20.000	0.0	-18.7	82.3
14	85.181	-2.868	20.000	0.0	-18.7	97.7
15	19.819	62.868	20.000	0.0	-18.7	-82.3
16	85.181	62.868	20.000	0.0	-18.7	-97.7
17	18.520	-2.924	20.000	0.0	-1.7	116.6
18	86.480	-2.924	20.000	0.0	-1.7	63.4
19	18.520	62.924	20.000	0.0	-1.7	-116.6
20	86.480	62.924	20.000	0.0	-1.7	-63.4

Scena esterna 1 / Lampade per lo sport (lista coordinate)



Lista delle lampade per lo sport

Lampada	Indice	Posizione [m]			Punto di proiezione [m]		Angolo di proiezione[°]
Orientamento	P ₁₀	Y	Z	X	Y	Z	
LUXI ILLUM.							
FLLZ900A24B740D	19	-	2	1.6	4	0	20.3 (C IMax, G
PROIETTORE	32	.0	2	00	8	.	IMax)
LIZARD 900W		.	.		.	0	
1/10VIP65 NE		9	0		3	0	
740 A24		3	0		0	0	
		8	0		0		
	85	-	2	103	4	0	20.3 (C IMax, G
	.9	2	0	.40	8	.	IMax)
	68	.	.	0	.	0	
		9	0		3	0	
		3	0		0	0	
		8	0		0		
	19	6	2	1.6	1	0	20.3 (C IMax, G
	.0	2	0	00	1	.	IMax)
	32	.	.		.	0	
		9	0		7	0	
		3	0		0	0	
		8	0		0		
	85	6	2	103	1	0	20.3 (C IMax, G
	.9	2	0	.40	1	.	IMax)
	68	.	.	0	.	0	
		9	0		7	0	
		3	0		0	0	
		8	0		0		

Lampada	Indice	Posizione [m]			Punto di proiezione [m]			Angolo di proiezione[°]	Orientamento	Palo
LUXI ILLUM.		X	Y	Z	X	Y	Z			
FLLZ900A24B740D										
PROIETTORE		21	-	2	62	1	0		23.8	(C IMax, G IMax)
LIZARD 900W		.0	3	0	.4	4	.			
1/10VIP65 NE		92	.	.	96	.	0			
740 A24			6	0		9	0			
			3	0		3	0			
			0	0		7				
		83	-	2	42	1	0		23.8	(C IMax, G IMax)
		.9	3	0	.5	4	.			
		08	.	.	04	.	0			
			6	0		9	0			
			3	0		3	0			
			0	0		7				
		21	6	2	62	4	0		23.8	(C IMax, G IMax)
		.0	3	0	.4	5	.			
		92	.	.	96	.	0			
			6	0		0	0			
			3	0		6	0			
			0	0		3				
		83	6	2	42	4	0		23.8	(C IMax, G IMax)
		.9	3	0	.5	5	.			
		08	.	.	04	.	0			
			6	0		0	0			
			3	0		6	0			
			0	0		3				
		20	-	2	50	4	0		20.5	(C IMax, G IMax)
		.6	2	0	.6	1	.			
		19	.	.	00	.	0			
			9	0		3	0			
			9	0		0	0			
			4	0		0				
		84	-	2	54	4	0		20.5	(C IMax, G IMax)
		.3	2	0	.4	1	.			
		81	.	.	00	.	0			
			9	0		3	0			
			9	0		0	0			
			4	0		0				
		20	6	2	50	1	0		20.5	(C IMax, G IMax)
		.6	2	0	.6	8	.			
		19	.	.	00	.	0			
			9	0		7	0			
			9	0		0	0			
			4	0		0				
		84	6	2	54	1	0		20.5	(C IMax, G IMax)
		.3	2	0	.4	8	.			
		81	.	.	00	.	0			
			9	0		7	0			
			9	0		0	0			
			4	0		0				
		19	-	2	27	5	0		18.8	(C IMax, G IMax)
		.8	2	0	.7	5	.			
		19	.	.	26	.	0			
			8	0		2	0			
			6	0		3	0			
			8	0		5				

Lampada	Indice	Posizione [m]		Punto di proiezione [m]			Angolo di proiezione[°]	Orientamento	Palo
				Y	X	Z			
		X	Z	Y	X	Z			
	17	18.520	-2.924	20.000	6.093	21.900	0.000	35.8 (C IMax, G IMax)	/
	18	86.480	-2.924	20.000	98.907	21.900	0.000	35.8 (C IMax, G IMax)	/
	19	18.520	62.924	20.000	6.093	38.100	0.000	35.8 (C IMax, G IMax)	/
	20	86.480	62.924	20.000	98.907	38.100	0.000	35.8 (C IMax, G IMax)	/

Appendice: C:” Simboli e abbreviazioni dei coefficienti per la valutazione delle scariche atmosferiche”

A_D	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
A_{DJ}	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
A_I	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
A_L	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
A_M	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
B	Struttura.
C_D	Coefficiente di posizione.
C_{DJ}	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
C_E	Coefficiente ambientale
C_I	Coefficiente di installazione di una linea.
C_L	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
C_{LD}	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
C_{LI}	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
C_T	Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.
D1	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
D2	Danno materiale.
D3	Guasto di impianti elettrici ed elettronici.
K_{S1}	Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.
K_{S2}	Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.
K_{S3}	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
K_{S4}	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
L_F	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
L_O	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
L_T	Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione
L1	Perdita di vite umane
L2	Perdita di servizio pubblico.
L3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
L4	Perdita economica.
N_G	Densità di fulmini al suolo.
n_z	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
n_t	Numero totale di persone (o utenti serviti).
P	Probabilità di danno.
P_A	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione

Appendice D: “Schema Unifilare Quadro Elettrico Principale” (pag. successiva)

DALLA
DISTRIBUZIONE

Generale
Qeg 4X100A

PALD 1
LATO STRADA
4X10A
10A
100A
0.3A
C

PALD 2
LATO STRADA
4X10A
10A
100A
0.3A
C

PALD 1 LATO
CAMPAGNA
4X10A
10A
100A
0.3A
C

PALD 2 LATO
CAMPAGNA
4X10A
10A
100A
0.3A
C

UTENZA	DENOMINAZIONE		QUADRO GEN. PRINCIPALE		SCARICATORE D/SOVR.		PALD 1 LATO STRADA		PALD 2 LATO STRADA		PALD 1 LATO CAMPAGNA		PALD 2 LATO CAMPAGNA	
	SIGLA		Generale QEG											
	TIPO	POTENZA TOT. KW	TT/L2-N	96			TT/L2-N	9.6	TT/L2-N	9.6	TT/L2-N	9.6	TT/L2-N	9.6
	POTENZA KW	Ib	70	67.2			5.2	14.4	5.2	14.4	5.2	14.4	5.2	14.4
INTERRUTTORE O SEZIONATORE	COEFF. CONTEMP.		CUSF1	1	0.9		1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9
	COSTRUTTORE		BTICINO		BTICINO		BTICINO		BTICINO		BTICINO		BTICINO	
	TIPO		C100N-C		I LIVELLO 3P+N 20KA		C10N-C		C10N-C		C10N-C		C10N-C	
	N. POLI	ln	A	4	100		4	10	4	10	4	10	4	10
FUSIBILE	CALIBRO													
	TIPO													
CONTATTORE	ln		A	Pn	kw									
	TIPO													
RELE' TERMICO	TARATURA		A											
	TIPO													
LINEA DI POTENZA	TIPO CAVO		FG7DR 0.6/ 1 KV				FG7DR 0.6/ 1 KV		FG7DR 0.6/ 1 KV		FG7DR 0.6/ 1 KV		FG7DR 0.6/ 1 KV	
	FORMAZIONE		4G4				5G4		5G4		5G4		5G6	
	LUNGHEZZA		m				50		125		100		180	
	IZ		A				17.5		17.5		17.5		17.5	
	C.d.t o ln		%	C.d.t o Ib	%	0.283	0.211		2.31	1.82	2.31	1.82	2.31	1.82
	Zk		mΩ				19.5		284.8		284.8		284.8	
	Ik trif/mono		Ik ifase/terra		kA		12.4		0.85		0.85		0.85	
	NUMERAZIONE MORSETTIERA													

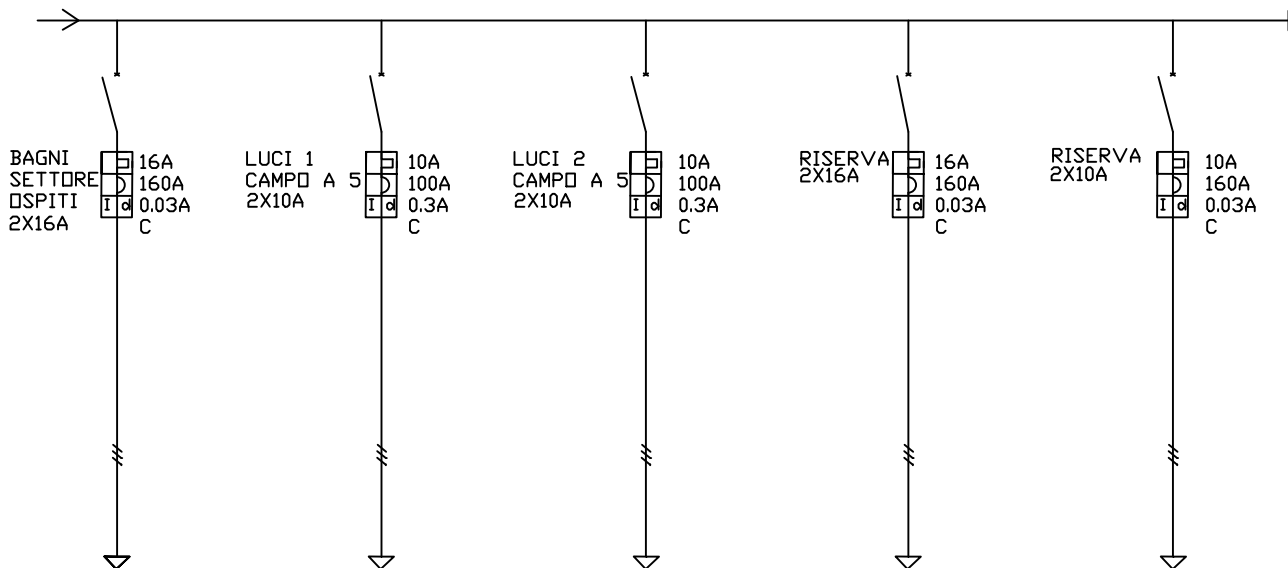
Legenda simbolo

SCHEMA QUADRI

FOGLIO 1 DI 3
SEGUE FOGLIO 2

REV. MODIFICA DATA FIRMA APPR. SOST. IL: SOST. DA: ORIGINE:

Generale QEG



BAGNI SETTORE OSPITI		LUCI 1 CAMPO A 5		LUCI 2 CAMPO A 5		RISERVA		RISERVA	
TT/L2-N	3.7	TT/L2-N	1.98	TT/L2-N	1.98	TT/L2-N	3.7	TT/L2-N	3.7
3	14.4	1.50	4.38	1.50	4.38	3	14.4	0.35	1.68
1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9
BTICINO		BTICINO		BTICINO		BTICINO		BTICINO	
C16N-C		C10N-C		C10N-C		C16N-C		C10N-C	
2	16	2	16	2	10	2	16	2	10
16	0.03	10	0.03	10	0.03	16	0.03	10	0.03
160	25	100	20	100	20	160	25	100	20
FG7DR 0.6/ 1 KV		FG7DR 0.6/ 1 KV		FG7DR 0.6/ 1 KV		N07V-K		N07V-K	
3G10		3G 2.5		3G2.5		2X(1X2.5)+1G1.5		2X(1x1.5)+1G1.5	
100		100+120+140		100+120+140					
23		17.5		17.5		17.5		17.5	
2.31	1.82	2.31	1.82	2.31	1.82	2.31	1.82	2.31	1.82
284.8		284.8		284.8		284.8		284.8	
0.85		0.85		0.85		0.85		0.85	