

# COMUNE DI REGGIO EMILIA



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



COMUNE DI  
REGGIO NELL'EMILIA



Reggio Emilia  
città  
delle persone

AREA SVILUPPO TERRITORIALE

SERVIZIO INGEGNERIA EDIFICI



## PROGETTO ESECUTIVO

CLUSTER 2: Rigenerazione impianti esistenti: interventi finalizzati all'efficientamento delle strutture esistenti  
PNRR-M5C2-I3.1 Riqualificazione Stadio "Mirabello"

Codice opera: A\_43901  
CUP: J82H22000530005

codice elab.	titolo Elaborato	n. progressivo
	RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO PER ILLUMINAZIONE DEL CAMPO SPORTIVO	26

PROGETTISTI: ARCH. GIOVANNI GHERPELLI

P.I. GIUSEPPE BELTRAMI

COLLABORATORE DI PROGETTISTA: DOTT. CINZIA ROMANINI

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: ARCH. CRISTINA CARPI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: ING. ERMES TORREGGIANI

DIRIGENTE: ING. ERMES TORREGGIANI

revisione 01 revisione 02 revisione 03 revisione 04 revisione 05 revisione 06

data prima emissione

Marzo 2023



1. PREMESSA.....	1
2. STATO DI FATTO.....	1
3. INTERVENTI IN PROGETTO.....	3
4. CRITERI ILLUMINOTECNICI E NORMATIVA .....	4
5. REQUISITI D'ILLUMINAZIONE: LIVELLI E PARAMETRI .....	8
6. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE E RETICOLO DI CALCOLO .....	10

## 1. PREMESSA

La progettazione oggetto della presente relazione si riferisce alla sostituzione dei soli apparecchi di illuminazione del campo di calcio Mirabello con nuovi proiettori con tecnologia a LED in sostituzione dei vecchi corpi illuminanti a ioduri metallici. L'intervento tiene conto della possibilità di ottimizzare al massimo i consumi energetici dell'impianto e il contenimento dell'inquinamento luminoso.

## 2. STATO DI FATTO

Attualmente lo stadio sono illuminati con 120 fari a ioduri metallici con lampade di potenza di 2000 W ciascuna installati sulle quattro torri faro e da 26 proiettori da 1000 W installati sotto la copertura della tribuna.

In ciascuna torre faro sono quindi presenti 30 fari a ioduri metallici. Il comando per l'accensione dell'impianto di illuminazione avviene dal quadro elettrico generale posizionato all'interno dell'edificio spogliatoi calcio. I trenta fari di ciascuna torre faro sono comandati da tre interruttori differenziali che alimentano quattro quadri posti alla base di ciascuna torre e dove trovano posto gli accenditori e i condensatori di rifasamento dei fari a ioduri metallici.

*TORRE FARO E PARTICOLARE FARI ESISTENTI*

*LOCALE QUADRO E QUADRO ELETTRICO GENERALE*

L'impianto elettrico dell'impianto di illuminazione esistente andrebbe risistemato soprattutto nella quadristica.

La consistenza degli impianti con le tipologie e le potenze dei proiettori utilizzati attualmente è:

TORRE FARO	Tipo proiettore e tecnologia utilizzata	Potenza complessiva [W] (considerando l'eventuale assorbimento dell'accenditore)	Numero apparecchi di illuminazione	Potenza totale [W]
1	Proiettori a ioduri metallici	2300	30	69.000
2	Proiettori a ioduri metallici	2300	30	69.000
3	Proiettori a ioduri metallici	2300	30	69.000



4	Proiettori a ioduri metallici	2300	30	69.000
Tribuna	Proiettori a ioduri metallici	1150	26	29.900

In totale la potenza assorbita dell'impianto di illuminazione del campo di calcio è pari a 305,9 kW.

### 3. INTERVENTI IN PROGETTO

Le intenzioni dell'amministrazione comunale erano quelle di prevedere la sostituzione di tutti i 120 proiettori a ioduri metallici esistenti delle torri faro e dei 26 proiettori della tribuna, per fare ciò è emerso da una specifica analisi, che occorrerebbe installare 126 apparecchi a LED di ultima generazione posizionandone 25 su ciascuna torre faro e 26 sulla tribuna.

L'intervento previsto in questo appalto riguarda quindi la sostituzione degli apparecchi di illuminazione del campo da calcio nelle quattro torri faro esistenti, la realizzazione del nuovo cablaggio all'interno dei quadri posti ai piedi delle torri faro necessario per la sostituzione dei proiettori a ioduri metallici con i nuovi apparecchi a LED e la sostituzione del quadro elettrico di comando ormai vetusto e privo di certificazione.

Saranno sostituiti anche i proiettori per l'illuminazione di emergenza installati sulle torri faro e sulla tribuna.

I lavori riguarderanno:

- lo smontaggio di 30 proiettori in ciascuna torre faro;
- il montaggio dei nuovi proiettori, 25 per ciascuna torre faro, con contestuale puntamento degli stessi secondo la tabella relativa ai calcoli illuminotecnici;
- la modifica o la sostituzione dei traversi di ancoraggio dei proiettori posti in cima a ciascuna torre porta fari
- il ricablaggio dei quadri a bordo torre per adattarli alla nuova configurazione;
- la revisione del quadro generale.

### Dichiarazione di conformità

A fine lavori la ditta installatrice dovrà consegnare al committente due copie della dichiarazione di conformità attestante l'installazione a regola d'arte di tutti i componenti dell'impianto elettrico, nella quale si dichiarerà che l'impianto realizzato e i materiali utilizzati sono conformi alle prescrizioni del progetto.

In allegato alla dichiarazione di conformità dovranno essere rilasciati:

- Copia dei requisiti tecnico professionali;
- Relazione con tipologie materiali utilizzati;
- Rapporto di verifica dell'impianto e rilevamento dei parametri illuminotecnici in opera.

## 4. CRITERI ILLUMINOTECNICI E NORMATIVA

Per la realizzazione di questo progetto si sono prese in considerazione tutta una serie di riferimenti tecnico normativi illuminotecnici ed elettrici di seguito elencati:

UNI EN 11630: Luce e illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico; UNI EN

12193: Luce e illuminazione – Illuminazione di installazioni sportive;

UNI EN 12665: Luce e illuminazione – Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici;

Siccome lo stadio viene utilizzato dalla squadra locale di rugby militante nella massima serie italiana e potrà essere utilizzato per competizioni internazionali, l'illuminazione del campo deve soddisfare i requisiti imposti dalla UEFA e dalla FIFA e i livelli richiesti per le riprese televisive ad alta definizione rispettando i seguenti parametri:

EmOriz.>1400lx	U1=min/max>0.50	U2=min/med>0.70
EmVert.=1200lx in direzione TV Principale	U1=min/max>0.40	U2=min/med>0.60
EmVert.=800lx nelle altre direzioni	U1=min/max>0.40	U2=min/med>0.50
G<50		

Nel seguito si riportano le descrizioni dei criteri illuminotecnici, rilevanti dal punto di vista dell'illuminazione sportiva, tratti in parte da bibliografia tecnica reperibile anche sul web:

### *Illuminamento orizzontale*

Considerato che, una volta illuminata, l'area dove vengono svolte le attività sportive costituisce lo sfondo e occupa la maggior parte del campo visivo sia degli atleti che degli spettatori. L'illuminamento su questo



piano (illuminamento orizzontale) a livello del terreno costituisce il parametro più importante per lo stato di adattamento dell'occhio umano, risulta quindi fondamentale prevedere un adeguato livello di illuminamento su di esso.

### ***Illuminamento verticale***

Per distinguere e identificare gli atleti è fondamentale un adeguato contrasto, ciò si ottiene investendo i piani verticali con un'opportuna quantità di luce. In termini illuminotecnici significa che l'illuminamento verticale deve essere sufficiente, non solo in termini assoluti, ma anche in termini di direzionalità. Infatti se per gli spettatori e per le eventuali riprese fotografiche e televisive è importante unicamente l'illuminamento sul piano rivolto verso tali posizioni, per gli atleti è importante avere adeguati livelli di illuminamento verticale secondo tutte le direzioni. L'adeguato livello di illuminamento verticale necessario per atleti e spettatori, praticamente si consegue quando vengono soddisfatti i requisiti relativi ai valori di illuminamento orizzontale.

### ***Uniformità dei valori di illuminamento***

Una buona uniformità degli illuminamenti risulta importante sia per i valori relativi ai piani orizzontali che per quelli relativi ai piani verticali. Ciò consente di evitare problemi di adattamento da parte degli atleti e degli spettatori e di correggere con continuità le eventuali telecamere a seconda delle direzioni di ripresa. Se l'uniformità non dovesse risultare adeguata, s'incorre nel rischio di non riuscire a distinguere gli atleti in alcune zone dell'area adibita alle attività sportive e nel caso specifico del gioco del calcio, di non distinguere il pallone. Quest'ultimo rischio si presenta specialmente nel caso in cui ci siano riprese televisive. L'uniformità viene espressa come il rapporto tra i valori minimo e massimo di illuminamento ( $E_{min}/E_{max}$ ) oppure attraverso il rapporto tra i valori minimo e medio ( $E_{min}/E_{med}$ ). Anche quando il valore di uniformità sopra espresso risultasse accettabile, i cambiamenti dei valori di illuminamento potrebbero provocare disturbo qualora avvenissero entro distanze contenute. L'uniformità di illuminamento per un determinato punto del reticolo deve quindi essere espressa come scostamento percentuale rispetto al valore medio dell'illuminamento presente negli otto punti adiacenti del reticolo. Questo viene comunemente definito come gradiente di uniformità.

### ***Abbagliamento***

L'abbagliamento, condizione data dalla presenza all'interno del campo visivo di superfici molto brillanti, comporta un effetto di disturbo al comfort visivo degli atleti e degli spettatori. Il fenomeno

dell'abbagliamento può essere limitato prestando molta attenzione alla scelta, all'installazione e all'orientamento dei proiettori, e soprattutto tenendo in conto le principali direzioni di osservazione. Molto importante è tenere sotto controllo l'abbagliamento non solo per gli atleti e gli spettatori, quindi per l'area interna all'impianto sportivo, ma anche per le zone limitrofe. Nel caso di installazioni sportive outdoor, infatti, la luce dispersa dall'impianto potrebbe disturbare le persone che si trovano al di fuori dell'area sportiva: casi frequenti potrebbero

essere i conducenti dei veicoli in transito lungo le vie adiacenti e gli abitanti degli immobili vicini. Quest'ultimo fenomeno è strettamente correlato alle qualità ottiche dei proiettori impiegati, quindi è necessario prevedere e impiegare proiettori caratterizzati da una limitata emissione di flusso al di fuori del fascio luminoso principale. Risulta quindi fondamentale curare con particolare attenzione l'installazione e i puntamenti dei proiettori.

### ***Modellato e ombre***

La proprietà che un impianto di illuminazione ha di rilevare le forme degli oggetti, dipende dalle ombre prodotte. Queste a loro volta dipendono dalle direzioni di proiezione, dal numero e dalla tipologia di sorgenti luminose impiegate. Le forme, ad esempio, appariranno dure in presenza di ombre profonde quali quelle prodotte da un unico proiettore a fascio stretto; sempre per esempio, le forme appariranno piatte, in assenza di ombre, come quelle prodotte in caso di cielo nuvoloso. Questi due casi estremi, non sono auspicabili anche se nel secondo caso è spesso sufficiente aggiungere qualche proiettore per ottenere un miglioramento sostanziale dell'effetto.

### ***Colore della luce e resa cromatica***

Una buona percezione del colore è importante in tutte le varie tipologie di sport. Alcune distorsioni del colore attribuibili all'illuminazione artificiale sono accettabili, ma non se tali distorsioni provocano problemi di distinzione. Per quanto riguarda il colore è importante distinguere due aspetti:

- il colore apparente della sorgente luminosa, che rappresenta l'impressione della tonalità data dalla luce a tutto l'ambiente;
- la resa cromatica della sorgente, che è la proprietà di riprodurre fedelmente i colori di un oggetto.

Colore apparente e resa cromatica della luce generata dalle lampade dipendono da quella che è la distribuzione spettrale della radiazione che emettono.



### ***L'inquinamento luminoso***

L'inquinamento luminoso è un'alterazione della quantità naturale di luce, presente nell'ambiente esterno durante le ore notturne, provocata dall'immissione di luce di cui l'uomo ha responsabilità. Si tratta di un vero e proprio inquinamento: un inquinamento della luce causato da qualunque impianto di illuminazione esterna notturna. L'inquinamento luminoso è prodotto sia dalla luce che proviene direttamente dalle sorgenti luminose (immissione diretta), sia dalla luce che proviene dalla diffusione di flusso luminoso riflesso da superfici o da oggetti illuminati con intensità eccessive. In un impianto sportivo, ad esempio, dove solitamente i proiettori vengono installati su

torri faro alte 45 metri, risulta due tipi di inquinamento; il primo è l'abbagliamento è il disturbo prodotto agli atleti dai proiettori che illuminano l'impianto stesso; il secondo è inquinamento ottico prodotto dagli stessi proiettori ad una persona o qualsiasi essere vivente che si trova nei dintorni del centro illuminato. Il contenimento dell'inquinamento luminoso consiste nell'illuminare in maniera razionale senza disperdere luce verso l'alto. Per ottenere questo è necessario utilizzare apparecchi e impianti correttamente progettati e montati e nel dosare la giusta quantità di luce in funzione del bisogno, senza costosi e dannosi eccessi.

Oltre a ciò la Regione Emilia Romagna nel 2003 ha emanato la DIRETTIVA PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E RELATIVO CONSUMO ENERGETICO che impongono, in tutto il territorio regionale, che tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna pubblica e privata devono essere eseguiti nel rispetto dei criteri di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico, devono essere corredati di dichiarazione di conformità alle presenti disposizioni e devono possedere contemporaneamente i seguenti requisiti minimi:

- I. essere costituiti da apparecchi illuminanti aventi un'intensità luminosa massima di 0 candele (cd) per 1000 lumen di flusso luminoso totale emesso a 90 gradi ed oltre (la rilevazione di tale valore può essere compreso nel range di 0 - 0,49 cd. in virtù dell'errore strumentale della misurazione del valore 0);
- II. essere equipaggiati con lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, quali al sodio ad alta o bassa pressione, ovvero di lampade con almeno analoga efficienza in relazione allo stato della tecnologia e dell'applicazione, in luogo di quelle con efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a Ra=65, ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w, solo nell'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e centri storici in zone di comprovato valore culturale e/o sociale ad uso



esclusivamente pedonale. I nuovi apparecchi d'illuminazione a led possono essere impiegati anche in ambito stradale comunque solo nel rispetto del presente punto 1 e se l'efficienza delle sorgenti è maggiore di 90 lm/w.;

- III. essere dotati di progetto illuminotecnico redatto da una delle figure professionali previste per tale settore impiantistico, che tramite una adeguata relazione dimostri l'applicazione e il rispetto delle presenti disposizioni, illustri le istruzioni di installazione ed uso corretto dell'apparecchio, e le soluzioni adottate per conseguire le finalità di cui al paragrafo 1, punto 2, contenga le misurazioni fotometriche dell'apparecchio utilizzato nel progetto esecutivo, sia in forma tabellare numerica su supporto cartaceo, sia sotto forma di file standard normalizzato, tipo il formato commerciale "Eulumdat" o analogo verificabile, ed emesso in regime di sistema di qualità aziendale certificato o rilasciato da ente terzo quali l'IMQ; le stesse devono riportare inoltre la posizione di misura del corpo illuminante, l'identificazione del laboratorio di misura, il nominativo del responsabile tecnico del laboratorio, e la sua dichiarazione circa la veridicità

## 5. REQUISITI D'ILLUMINAZIONE: LIVELLI E PARAMETRI

La norma UNI EN 12193:2019 suddivide i diversi impianti sportivi in tre classi di illuminazione a seconda del livello delle competizioni e delle attività svolte nell'impianto stesso.

Le classi di illuminazione sono:

- I) La classe I individua le competizioni di alto livello, sia internazionali che nazionali: competizioni che in genere coinvolgono un grande numero di spettatori con distanze visive potenzialmente lunghe. In questa classe può rientrare anche l'allenamento di alto livello.
- II) La classe di illuminazione II individua competizioni di livello medio, come ad esempio competizioni regionali o locali che solitamente vengono disputate in impianti con capienza e distanze visive medie.
- III) Infine la classe di illuminazione III comprende quelle competizioni di basso livello come quelle locali che solitamente non comportano la presenza di spettatori. Nella classe III rientrano anche le attività ricreative, l'educazione fisica scolastica e l'allenamento di medio – basso livello.

Le classi di illuminazione sono fissate da un valore di illuminamento medio orizzontale e da un coefficiente di uniformità consentito, espresso come il rapporto tra l'illuminamento minimo e quello medio. Per quanto riguarda gli impianti utilizzati per attività amatoriali, è soprattutto l'illuminamento medio orizzontale quello a cui è necessario fare riferimento perché, se il valore consigliato di quest'ultimo è rispettato, allora anche l'illuminamento verticale rientrerà nei limiti accettabili. I requisiti delle varie classi di illuminazione si basano

primariamente sulle esigenze degli sportivi, ma la norma afferma comunque che è necessario garantire una componente verticale minima che non può essere minore del 30% del livello orizzontale.

## 6. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE E RETICOLO DI CALCOLO

Nel presente progetto si sono utilizzati proiettori del tipo a tecnologia LED (Light Emitting Diode). La scelta della lampada tiene conto di dei dati fondamentali che caratterizzano la scelta di un corpo illuminante come di seguito riportati:

Potenza	Consumo energetico di una singola lampada
Vita media	Numero di ore di funzionamento dopo il quale, in un lotto di lampade, il 50% smette di funzionare a determinate condizioni di prova
Flusso luminoso	Indica la quantità di luce fornita da una lampada per unità di tempo
Efficienza luminosa	Misura della resa energetica di una lampada
Temperatura di colore	Necessaria ad un corpo nero affinché la radiazione luminosa emessa da quest'ultimo appaia cromaticamente più vicina possibile alla radiazione considerata
Indice di resa cromatica (Ra)	Misura di quanto naturali appaiono i colori degli oggetti da essa illuminati

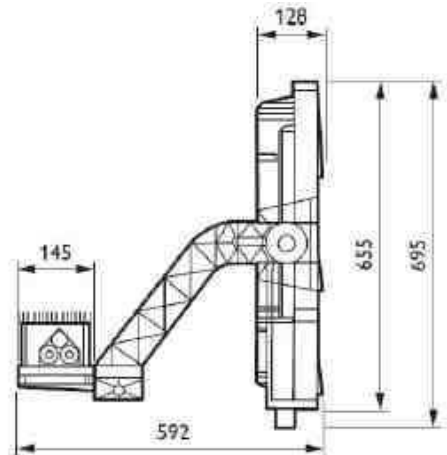
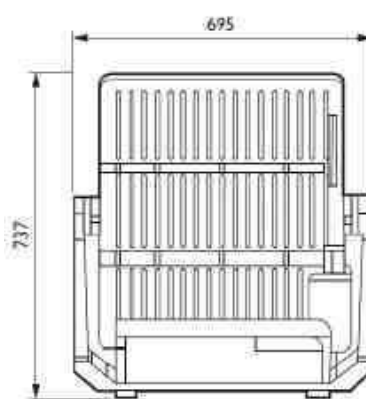
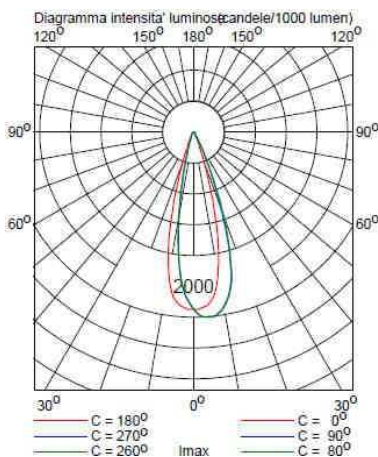
### Lampade a tecnologia LED

Il termine LED è l'acronimo di Light Emitting Diode e cioè diodo ad emissione di luce. I LED sono diodi a giunzione e sono formati da un sottilissimo strato di semiconduttore drogato. Un LED, sottoposto ad una tensione diretta, rilascia una quantità di energia sufficiente a produrre fotoni che vengono, in gran parte, emessi all'esterno sotto forma di luce. Questa tecnologia ha trovato, negli ultimi anni, un impiego sempre maggiore nell'illuminazione esterna e interna. Il LED viene incapsulato in una lente che indirizza l'emissione luminosa nella direzione desiderata. Gli apparecchi di illuminazione che sfruttano questa tecnologia sono costituiti da uno o più moduli base, che comprendono un determinato numero di LED disposti a griglia. Dal numero dei moduli dipende la potenza e l'emissione luminosa degli apparecchi. I LED sono caratterizzati da una durata di vita estremamente lunga e da un'efficienza luminosa elevata.

### Caratteristiche tecniche dei proiettori in progetto

Gli apparecchi previsti in progetto sono con lampade a tecnologia LED, ed hanno le seguenti caratteristiche elettriche:

- Alimentazione: 230-400V/50-60Hz (tolleranze sul voltaggio alimentazione:  $\pm 10\%$ )
- Corrente di spunto a 400V 30 A
- Fattore di potenza  $> 0.95$  a piena potenza
- Certificazioni: CE, ENEC, VDE-Ball proof
- Vita utile / mantenimento flusso L80B50: fino a 50000 ore
- Flusso luminoso sorgente: Fino a 195,000 lm (CRI  $> 80$ )
- Potenza sistema Fino a 1578 W (BVP427)
- Efficienza apparecchio Fino a 120 lm/W (dipende da Ta apparecchio, versione e CRI)
- Correlated Color Temp. (CCT) Bianco freddo (CW) 5700 K (tolleranza CCT:  $\pm 400$  K)
- Color Rendering Index (CRI)  $> 85$ ,
- SDCM (elissi MacAdam)  $< 5$
- Percentuale flicker factor  $< 1\%$  (Misurato con flicker meter ARRI Light Analyzer P.R.O.F.)
- Range temperatura operativa  $-40^{\circ}\text{C}$  fino a  $+45^{\circ}\text{C}$  (dipende dalla versione di Ta apparecchio)
- Classe isolamento elettrico Classe I
- Grado di protezione IP66



I calcoli illuminotecnici eseguiti sono necessari per valutare le prestazioni illuminanti sia del campo di calcio sia della pista di atletica. I calcoli effettuati dispongono una sorta di griglia specifica che prende anche il nome di reticolo di calcolo. I reticoli sono rettangolari e presentano un certo numero di punti sufficientemente vicini, in modo che ciascun punto sia rappresentativo dell'area sportiva che circonda tale punto. I punti permettono di avere dei valori illuminotecnici precisi, quest'ultimi possono avere come livello di riferimento il terreno per la valutazione dell'illuminamento orizzontale, oppure 1 o 1,5 metri dal terreno per la valutazione dell'illuminamento verticale. I punti sono determinati dalla lunghezza e dalla larghezza dell'area di riferimento. La dimensione della griglia necessaria per il calcolo dipende dalla zona sportiva considerata, la geometria dell'impianto e la distribuzione dell'intensità luminosa delle lampade utilizzate. Limitare l'abbagliamento è fondamentale per evitare che vi possa essere una riduzione delle prestazioni visive. Tutti i proiettori che saranno installati nell'impianto sportivo sono potenziali sorgenti di abbagliamento ed è quindi di grande importanza che essi non vadano ad interferire con le direzioni di osservazione degli atleti e degli spettatori.

Come già detto in precedenza, in questo intervento è prevista la progettazione per la sostituzione dei 120 proiettori a ioduri metallici che illuminano il campo da calcio installati sulle torri faro e i 26 proiettori installati sotto la tribuna con nuove apparecchiature a tecnologia LED.

L'intervento tiene conto della possibilità di ottimizzare al massimo i consumi energetici dell'impianto in modo da conseguire un buon risparmio economico.

Le caratteristiche alla base dello studio sono:

- Dim. campo di calcio 105x68
- Illuminamento medio del campo da calcio  $E_m > 1200 \text{ lux}$ ; coefficiente di uniformità  $E_{min}/E_m > 0,7$
- Quattro torri faro dotate ciascuna di 25 apparecchi illuminanti a LED da 1392W e 26 proiettori a Led da 914W installati sotto la copertura della tribuna.

In questo primo stralcio di lavori l'illuminamento minimo richiesto sarà di 500Lux come da prescrizione CONI

Dopo la sostituzione delle lampade la potenza elettrica dell'impianto di illuminazione del campo di calcio e di atletica diventa di 78,00 kW e considerando l'eventuale assorbimento dell'accenditore dei proiettori a ioduri metallici diventa:



TORRE FARO	Tipo proiettore e tecnologia utilizzata	Potenza complessiva [W] (considerando l'eventuale assorbimento dell'accenditor e)	Numero apparecchi di illuminazione	Potenza totale [W]
1	Proiettori a LED	1392	25	34.800
2	Proiettori a LED	1392	25	34.800
3	Proiettori a LED	1392	25	34.800
4	Proiettori a LED	1392	25	34.8000
Tribuna	Proiettori a LED	914	26	13800

In totale la potenza assorbita dell'impianto di illuminazione del campo da calcio e della relativa pista di atletica dopo la sostituzione dei proiettori passa da 305,9 kW a **162,964 kW**.

Di seguito i risultati del calcolo illuminotecnico e le tabelle per il puntamento dei proiettori verso il campo da calcio.