



REGIONE PUGLIA

PROVINCIA DI TARANTO

COMUNE DI SAN GIORGIO JONICO

Autorizzazione Unica Regionale per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica alimentato da fonte solare fotovoltaica con potenza nominale pari a 73,6515 MWp integrato ad un progetto di utilizzazione agronomica del fondo

ELABORATO:

Relazione inquinamento luminoso

DATA:

AGOSTO 2020

SCALA:

/ F.TO: A4

REV. n.: 0

SOGGETTO PROPONENTE:

SAN GIORGIO JONICO S.R.L.

PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE, 8

39100 Bolzano (BZ)

P.I.: 03027970213

PROGETTISTI:

Ing. Francesco FRASCELLA

Via Emanuele Filiberto di Savoia, 29 - 74027 San Giorgio Jonico (TA)

Telefax.: 0995919263; Cell.: 3291747756

mail: francescofra72@gmail.com; p.e.c.: francesco.frascella@pec.it

C.F.: FRS FNC 72T07 L049A; P.I.: 02363510732



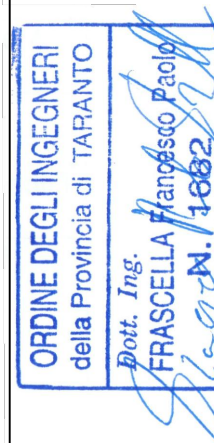
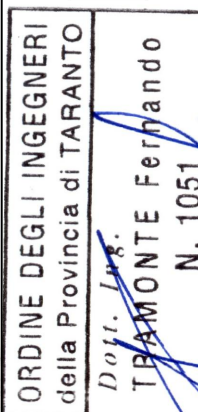
Ing. Fernando TRAMONTE

Viale Magna Grecia, 38 - 74016 Massafra (TA)

Telefax.: 0998805525; Cell.: 3356652034

mail: info@stiengineering.it; p.e.c.: stiengineering@pec.it

P.I.: 02504860731



Timbri e visti

Sommario

PREMESSA	2
IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	2
NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
LE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE E I PARAMETRI DI RIFERIMENTO	3
ANALISI DEI RISCHI	7
LIMITAZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO EMESSO VERSO L'ALTO	9
PROGETTO ILLUMINOTECNICO	10
IMPIANTO ELETTRICO	13
ALLEGATI	16

PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione dell'impianto di illuminazione a servizio dell' "Impianto Fotovoltaico San Giorgio Jonico", nonché la valutazione sul contenimento dell'inquinamento luminoso ai sensi della L.R. 15/2015.

L'impianto per la produzione di energia elettrica alimentato da fonte solare con potenza nominale pari a 73,6515 MWp, sarà installato su terreno agricolo sito nel territorio denominato "Fondo Serro" di pertinenza del Comune di San Giorgio Jonico (TA).

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Legge Regionale Puglia 15/2015	"Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico" e relativo regolamento 13/06.
UNI EN 12665	Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici
UNI EN 13032	Luce e illuminazione – Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione
UNI EN 13201: parte 2,3,4	Illuminazione requisiti illuminotecnici
UNI 11630	Requisiti del progetto illuminotecnico
UNI 11248	Illuminazione Stradale requisiti illuminotecnici
UNI 10819	Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso
UNI 11356	Caratterizzazione fotometrica di apparecchi d'illuminazione a LED
EN 61347-2-13	Prescrizioni di sicurezza per unità di alimentazione elettroniche a.c. e d.c. per moduli LED
EN 62384	Prestazioni per unità di alimentazione elettroniche a.c. e d.c. per moduli LED
CEI EN 60598	Moduli LED per illuminazione generale – Specifiche di sicurezza
CEI EN 62031	Apparecchi di illuminazione
CEI 34-33	Apparecchi di illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per l'illuminazione stradale
CEI 34 illuminazione in generale	Relative a lampade, apparecchiature di alimentazione ed apparecchi di

LE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE E I PARAMETRI DI RIFERIMENTO

Le prestazioni dell'impianto devono soddisfare i criteri minimi in funzione della categoria illuminotecnica della sede stradale interessata dal flusso luminoso.

La procedura utilizzata dalla norma **UNI 11248** per definire la **categoria illuminotecnica**, si basa sulla "**valutazione del rischio**", ovvero di valutare ciascun tratto di strada in base alle caratteristiche specifiche per poi stabilire i valori illuminotecnici di riferimento. Le caratteristiche specifiche sono individuate dalla norma con il termine "parametri di influenza" e sono, ad esempio, il flusso di traffico, complessità del compito visivo, l'eventuale zona di conflitto, dispositivi rallentatori, necessità da rilevare in seguito a sopralluoghi. La norma ha quindi definito per ogni tipo di strada (autostrade, strade, piste ciclabili, ecc.) una categoria illuminotecnica di riferimento. Sulla base delle zone di conflitto e dei parametri di influenza considerati si modifica la categoria illuminotecnica di riferimento, che può comportare una variazione di categoria in più o in meno.

Tenuto conto delle indicazioni di cui sopra, il progetto illuminotecnico deve procedere come segue:

- suddividere la strada da illuminare in zone con condizioni omogenee dette "zone di studio" (un tratto rettilineo, un incrocio, una rotonda, ecc.);
- individuare per ogni zona di studio la categoria illuminotecnica di riferimento;
- determinare la categoria illuminotecnica di progetto sulla base dei parametri di influenza.

Data la complessità della procedura l'appendice A della norma suggerisce, per i tipi di strada più comuni, la categoria illuminotecnica da assumere al variare dei parametri di influenza. Particolare attenzione deve essere prestata affinché tra zone adiacenti sia evitata una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche "comparabili". Nel caso di zone adiacenti che risultino con una differenza superiore a due categorie, la categoria di riferimento inferiore deve essere aumentata a quella di livello luminoso più elevato in modo da rispettare la differenza massima di due categorie illuminotecniche. Per le zone di conflitto la norma raccomanda inoltre un livello luminoso maggiore del 50% rispetto alla zone adiacenti.

Si riporta di seguito lo stralcio della norma UNI 11248.

prospetto 1 Classificazione delle strade e Individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento				
Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di riferimento	Note punto
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1	-
	Autostrade urbane	130		
A ₂	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	ME3a	
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50		
B	Strade extraurbane principali	110	ME3a	
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	ME4a	
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ⁴⁾)	70 - 90	ME3a	
	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b	
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME3a	
D	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a	
		50		
E	Strade urbane interquartiere	50	ME3c	
	Strade urbane di quartiere	50		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ⁴⁾)	70 - 90	ME3a	
	Strade locali extraurbane	50	ME4b	
		30	S3	
	Strade locali urbane (tipi F1 e F2 ⁴⁾)	50	ME4b	
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	CE4	
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE5/S3	
	Strade locali urbane: aree pedonali	5		
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	CE5/S3	
	Strade locali interzonali	50		
30				
	Piste ciclabili ⁵⁾	Non dichiarato	S3	
	Strade a destinazione particolare ⁶⁾	30		

Figura 1. Classificazione delle strade secondo norma UNI 11248.

A tale classificazione si applica l'analisi dei parametri di influenza, ovvero una valutazione di tutte quelle caratteristiche specifiche dell'ambiente che possono portare ad individuare una diversa categoria illuminotecnica di progetto.

L'obiettivo di tale analisi è quella di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscano la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, ottimizzando al contempo consumi energetici, costi di installazione e di gestione e impatto ambientale.

Occorre quindi valutare

- I volumi di traffico;
- Le intersezioni stradali quali rotonde e svincoli;
- Le piste ciclabili.

Individuate le categorie illuminotecniche di progetto, la consultazione della norma **UNI EN 13201-2** consente di valutare i **parametri illuminotecnici** ad esse associati; il rispetto di tali valori sarà parametro progettuale riscontrabile dai calcoli illuminotecnici.

La norma citata individua diverse categorie illuminotecniche con specifici parametri fotometrici. Occorre definire per ogni tratto di strada la relativa categoria illuminotecnica. Le principali categorie indicate dalla norma sono:

- categorie serie ME basate sulla luminanza (cd/m²) della superficie stradale;
- categorie serie CE e serie S basate sull'illuminamento (lux).

Le categorie ME si applicano alle strade con velocità medio/alte (> 30km/h) ad eccezione delle zone di conflitto, mentre le categorie CE ed S sono utilizzate per strade urbane (< 30km/h), aree pedonali, aree di parcheggio, piste ciclabili, i marciapiedi, i sottopassi e le zone di conflitto.

La classificazione delle sedi viarie permette importanti considerazioni rispetto alla connotazione architettonica del sito, alle diverse funzioni che le strade assolvono ed alle eventuali esigenze funzionali che devono essere rispettate.

Le prestazioni illuminotecniche direttamente collegate al tipo di sede stradale assumono in tal senso un significato rilevante anche nella scelta della possibile tipologia di illuminazione e dei corpi illuminanti.

Di seguito sono riportate le tabelle con le grandezze fotometriche da rispettare per ciascuna categoria illuminotecnica delle strade.

Classe di illuminazione	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione aree circostanti
	L media [cd/m ²] (minima mantenuta)	U ₀ (*) (minimo)	U ₁ (**) (minimo)	TI [%] (max)	SR (***) (minima)
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	-

* U₀ = Uniformità globale - Rapporto tra illuminamento/luminanza minima e media su un tratto stradale significativo.

** U₁ = Uniformità longitudinale - Rapporto tra illuminamento/luminanza minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia.

*** Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

Figura 2. Categorie illuminotecniche serie ME: strade a traffico motorizzato dove è applicabile il calcolo della luminanza, per condizioni atmosferiche prevalentemente asciutte.

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguita'
	manto asciutto			manto bagnato		
	L min.mantenuta [cd/m2]	Uo min.	U min. (libero, puo' valere per autostrade)	Uo min.	TI% max (+5% per sorgenti a bassa luminanza)	SR 2 min. (se non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata)
MEW1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
MEW4	0,75	0,4	Nessun requisito	0,15	15	0,5
MEW5	0,5	0,35	Nessun requisito	0,15	15	0,5

Figura 3. *Categorie illuminotecniche serie MEW: strade a traffico motorizzato dove è applicabile il calcolo della luminanza, per condizioni atmosferiche prevalentemente bagnate.*

Classe di illuminazione	Illuminamento orizzontale		Abbagliamento debilitante
	E medio [lux] (minimo mantenuto)	Uo (minimo)	TI [%] (max)
CE0	50	0,4	10
CE1	30	0,4	10
CE2	20	0,4	10
CE3	15	0,4	10
CE4	10	0,4	15
CE5	7,5	0,4	15

Figura 4. *Categorie illuminotecniche serie CE: aree a traffico motorizzato in cui non è possibile ricorrere al calcolo della luminanza.(es. zone di conflitto, incroci, strade commerciali e rotonde, ciclopedonale quando le categorie S o A non sono ritenute adeguate).*

Classe di illuminazione	Illuminamento orizzontale		Abbagliamento debilitante
	E medio [lux] (minimo mantenuto)	E minimo [lux] (mantenuto)	TI [%] (max)
S1	15	5	15
S2	10	3	15
S3	7,5	1,5	15
S4	5	1	20
S5	3	0,6	20
S6	2	0,6	20
S7	Non determinato	Non determinato	-

Figura 5. *Serie categorie illuminotecniche serie S: ambienti a carattere ciclopedonale. (marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza ed altre separate o lungo la carreggiata, strade urbane, strade pedonali, aree di parcheggio, strade interne a complessi scolastici, ...)*

ANALISI DEI RISCHI

L'analisi dei rischi è lo strumento che deve adottare il progettista per valutare la corretta classificazione delle strade sia per fronteggiare criticità del territorio, sia per fare una classificazione adeguata che permetta di conseguire adeguati risparmi energetici e eco-compatibilità della luce con l'ambiente.

L'analisi FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) è lo strumento principe per l'analisi dei rischi. Essa prevede un approccio di tipo qualitativo, con lo scopo di verificare cosa potrebbe succedere se si verificasse un difetto (un rischio), analizzandolo e ordinando secondo un approccio quantitativo le conseguenze per uomini e macchine, la severità o il danno (criticità) delle varie condizioni. Di seguito verrà illustrato a grandi linee il metodo impiegato.

Le ragioni della valutazione dei rischi in ambito illuminazione sono:

- Apprezzare l'entità dei rischi che si manifestano sul territorio nella visione notturna.
- Esprimere in termini omogenei gli n eventi rischiosi identificati.
- Definire i parametri di intervento che possono ridurre o incrementare questi rischi.

Scale di valutazione quantitativa. Le scale di valutazione impiegate sono proporzionali. Se ad esempio ad un evento si assegna un impatto 6 esso provoca un danno doppio rispetto a eventi di impatto 3.

Tecniche di valutazione quantitativa. Sono basate:

- sulla conoscenza di eventi storici (es. incidenti stradali, eventi criminosi, vandalismo, etc..) ampi dal punto di vista temporale (su un arco di 30-40 anni) e rappresentativi (cioè non spot e di grave entità).
- su tecniche probabilistiche applicate al territorio italiano e su statistiche macro (per esempio un'ampia bibliografia utile sono i rapporti ACI).
- su tecniche non probabilistiche costituite dall'analisi di sensitività, e dello scenario e del contesto in cui si va a introdurre l'illuminazione. Per esempio non sempre l'introduzione dell'illuminazione è un evento favorevole ai fini della riduzione dei rischi. Un caso classico e ben documentato è l'effetto psicologico di sicurezza introdotto da elevati flussi luminosi, che toglie i freni inibitori dell'autista che tende ad aumentare decisamente oltre i limiti la sua velocità.

Nell'analisi del territorio sono state identificati i tre punteggi di valutazione:

- Probabilità (D)
- Frequenza (O)
- Severità del danno per cose e persone (S)

PROBABILITA' D	Classe di	Descrizione
1-2	Molto probabile	I controlli correnti anche visivi permettono di individuare facilmente la causa/anomalia.
3-4	Probabile	E' abbastanza semplice individuare la causa/anomalia con i controlli attuali.
5-6	Moderato	La probabilità di individuare/prevenire la causa/anomalia con i controlli attuali è buona o accettabile.
7-8	Bassa probabilità	La probabilità di individuare/prevenire la causa/anomalia è piuttosto bassa con gli strumenti di controllo in corso.
9-10	Improbabile	La probabilità di individuare/prevenire la causa è piuttosto remota.

Tabella 1.6: Analisi quantitativa delle probabilità di evento

FREQUENZA O	Classe di frequenza evento	Descrizione
9-10	Molto Elevata	L'evento si è verificato oltre 10 volte nel corso degli ultimi 20 anni
7-8	Probabile	L'evento si è verificato da 7 a 10 volte nel corso degli ultimi 20 anni
5-6	Moderata	L'evento si è verificato da 4 o 6 volte nel corso degli ultimi 20 anni
3-4	Improbabile	L'evento si è verificato da 1 a 3 volte nel corso degli ultimi 20 anni
1-2	Rara	L'evento non si è mai verificato nel corso degli ultimi 20 anni

Tabella 1.7: Analisi quantitativa della frequenza di un evento

CONSEGUENZE S	Classe di severità del danno	Descrizione
9-10	Catastrofico	Le persone possono subire gravissimi danni fisici anche invalidanti o la morte (indice di mortalità superiore a 4). Le cose subiscono danni distruttivi ed irreparabili.
7-8	Alto	Le persone possono subire forti stress emotivi, e danni fisici generalmente limitati (indice di mortalità fra 2.5 e 4). Le cose subiscono danni considerevoli ma non distruttivi.
5-6	Medio	Le persone subiscono situazioni di ansia e spavento ma generalmente nessun apparente danno fisico (indice di mortalità fra 1.0 e 2.5). Le cose subiscono lievi danni materiali.
3-4	Basso	Generalmente le persone traggono da questo rischio generalmente solo un limitato livello di apprensione. Le cose non subiscono danni visibili. (indice di mortalità inferiore a 1.0).
1-2	Trascurabile	Generalmente nessun danno per cose o persone.

Tabella 1.8: Analisi quantitativa della severità del danno provocato da un evento

**Definizione indice di mortalità: Rapporto fra numero di morti e numero di incidenti moltiplicato per 100*

Da queste tabelle deriva la Matrice di rischio o si calcola il valore di RPN, un numero che indica la priorità del rischio (*Risk Priority Number*). Il valore di RPN è dato da:

$$RPN = S \times O \times D$$

Più RPN è grande e maggiore è la necessità di un intervento. Questo nell'illuminazione significa aumentare la classe illuminotecnica di progetto, se non si riesce ad abbassare RPN con strumenti alternativi, quali per esempio segnaletica visiva, attiva e/o passiva, etc. Si riporta il tutto in un grafico, indicando sulle ascisse la frequenza (D) e sulle ordinate le conseguenze (S).

Catastrofico	200	400	600	800	1000
Alto	160	320	480	640	800
Medio	60	240	360	480	600
Basso	40	160	240	320	400
Trascurabile	10	40	60	160	200
	Raro	Basso	Medio	Probabile	Molto Probabile

Le situazioni che cadono nella zona verde sono accettabili e non richiedono particolare attenzione né ulteriori analisi; quelli nella zona gialla sono accettabili ma richiedono opportune ulteriori analisi; infine quelli della zona rossa non sono accettabili e devono essere resi accettabili (con azioni correttive).

In ambito illuminazione le situazioni che ricadono in zona rossa, se non riducibili altrimenti, devono essere ridotte con l'incremento della classe illuminotecnica di progetto riapplicando nuovamente l'intero metodo per verificare la congruità della nuova classe.

Viceversa si può verificare, se si rientra nella sezione verde, se riducendo la categoria illuminotecnica di progetto ci si mantiene sempre in zona verde.

Un'analisi di questo tipo favorisce una corretta distribuzione della luce sul territorio e un adeguato contenimento dei consumi energetici e ottimizzazione degli impianti (uno dei primi requisiti di legge).

Tra i **parametri di influenza** che incidono maggiormente sull'illuminazione del territorio comunale, soprattutto per ridurre la classificazione, possiamo annoverare i seguenti:

- Compiti visivi normali (-1 classe illuminotecnica);
- Condizioni non conflittuali (-1 classe illuminotecnica);
- Segnaletica efficace nelle zone conflittuali (-1 classe illuminotecnica),
- Impiego di sorgenti ad alta resa cromatica >60 in ambito pedonale (-1 classe illuminotecnica),
- Utilizzo di apparecchi full cut off che riducono i fenomeni di abbagliamento e a parità di condizioni permettono di ridurre le luminanze delle strade anche di una classe (-1).

Per riduzione della classe illuminotecnica si intende, ad esempio, che se la categoria di ingresso è la ME3b una decurtazione pari a "1" determina la scelta della categoria ME4a.

Il decremento totale della categoria, funzione dei parametri di influenza individuati, non può comunque essere maggiore di 2.

LIMITAZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO EMESSO VERSO L'ALTO

In conformità a quanto previsto dall'art. 5, comma 1, della **L.R. n.15/05** gli apparecchi illuminanti da impiegare nella realizzazione degli impianti di illuminazione pubblica o privata devono avere **"un'intensità massima di 0 candele (cd) per 1000 lumen (lm) di flusso luminoso totale emesso a 90 gradi ed oltre"**.

Per il rispetto dell'art. 5 della L.R. 15/05, inoltre, gli apparecchi illuminanti devono:

- essere equipaggiati con lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa;
- essere provvisti di appositi dispositivi in grado di ridurre in base al flusso di traffico, entro l'orario stabilito con atti delle amministrazioni comunali, e comunque non oltre la mezzanotte, l'emissione di luce degli impianti in misura non inferiore al 30 per cento rispetto al pieno regime di operatività (la riduzione non va applicata qualora le condizioni d'uso della superficie illuminata siano tali da comprometterne la sicurezza).

Per il rispetto del punto 3. *Adempimenti*, comma 5) g) gli apparecchi da utilizzare per l'adeguamento e/o realizzazione di nuovi impianti di illuminazione devono essere corredati della seguente documentazione:

- a) Certificati di conformità alla L.R. n.15/05 per il prodotto messo in opera sul territorio della Regione Puglia indicando gli intervalli di posizioni ed inclinazione conformi;
- b) Misurazioni fotometriche dell'apparecchio, 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:
 - I - L'identificazione del laboratorio di misura ed il nominativo del responsabile tecnico;
 - II - Le specifiche della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;
 - III - La posizione dell'apparecchio durante la misurazione;
 - IV - Il tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e la relativa incertezza di misura;

V - La dichiarazione dal responsabile tecnico di laboratorio o di enti terzi, quali l'IMQ, circa la veridicità delle misure.

c) Le istruzioni di installazione ed uso corretto dell'apparecchio.

Il progetto illuminotecnico deve essere redatto da un professionista iscritto ad ordini o collegi professionali in possesso dei requisiti di legge, con curriculum specifico o formazione adeguata e specializzata mediante partecipazione a corsi di progettazione illuminotecnica ai sensi della legge 15/05 art.2 comma 4.

Gli installatori:

- Realizzano gli impianti conformemente ai presenti criteri ed al progetto illuminotecnico, disponendo gli apparecchi d'illuminazione secondo le allegate istruzioni di installazione ed uso corretto per il rispetto dei requisiti tecnici di cui all'art. 5 della L.R. n.15/05;
- Rilasciano la dichiarazione di conformità dell'installazione ai criteri della L.R. n.15/05 e al progetto illuminotecnico.

PROGETTO ILLUMINOTECNICO

Generalità

L'impianto di illuminazione dovrà assicurare soddisfacenti condizioni di visibilità e di comfort visivo, per i quali dovranno essere determinati valori ottimali dei seguenti parametri:

- luminanza minima mantenuta;
- luminanza media mantenuta;
- uniformità generale della luminanza;
- indice dell'abbagliamento delimitante;
- compiti visivi.

Parametri illuminotecnici

Luminanza media mantenuta (Lm)

Il valore della luminanza deve essere adeguato al tipo di strada e densità di traffico, al fine di permettere la riconoscibilità del percorso ed il giusto contrasto tra ostacoli e sfondo.

Tale valore espresso in "cd/mq.", indica il flusso luminoso riflesso dalla superficie del manto stradale verso l'osservatore e dipende dalla posizione dell'osservatore e dal tipo di superficie riflettente.

Uniformità

E' il parametro che permette di valutare la presenza di macchie di luce sulla carreggiata stradale. Se la luminanza risulta non uniforme si ha una situazione potenzialmente pericolosa, in quanto gli ostacoli non sono più percepibili, per la scarsa percezione del contrasto.

Abbagliamento debilitante TI

L'abbagliamento, di tipo fisiologico e psicologico, dovrà essere mantenuto quanto più basso possibile.

Infatti, l'abbagliamento fisiologico si manifesta come una riduzione da parte dell'occhio umano a percepire i contrasti, con manifesta difficoltà nel distinguere gli ostacoli.

L'abbagliamento psicologico si manifesta, invece, come sensazione di fastidio e fatica visiva, dove l'effetto disturbante viene a dipendere dalla conformazione dell'apparecchio illuminante e dalla modalità di installazione.

L'indice di abbagliamento indica la misura con cui la sorgente di luce nel campo visivo del guidatore provoca un velo di luminanza che riduce i contrasti tra sfondo ed eventuali ostacoli.

Compiti visivi

Le prestazioni visive dipendono da una combinazione razionale dei tre fattori: luminanza, uniformità e abbagliamento.

Classificazione

Il calcolo illuminotecnico ha tenuto conto dei seguenti elementi:

- classificazione delle strade e zone di intervento;
- caratteristiche geometriche e di viabilità;
- valori minimi dei parametri illuminotecnici;
- requisiti minimi di legge;
- presenza di vincoli stradali;
- interferenza tra impianti di illuminazione esistenti e/o da realizzare;
- presenza di incroci, parcheggi, zone pedonali e/o di aggregazione.

In base alle normative di riferimento, le strade oggetto dell'intervento possono assimilarsi a strade extraurbane locali. A seguito dell'applicazione dell'analisi dei rischi, si può considerare che tali vie non presentano situazioni particolari di pericolo, in quanto non si hanno evidenti situazioni in cui viene alterato il compito visivo ed in quanto le condizioni di conflitto sono limitate e commisurate al ridotto traffico delle stesse. La classe illuminotecnica considerata è pertanto la ME3b.

Tipologia organi illuminanti

La scelta dell'organo illuminante è stata effettuata in conformità della Legge Regionale n°15/2005 e Regolamento n°13/2006.

In particolare saranno utilizzati apparecchi di illuminazione stradale con sorgenti luminose ad alta efficienza (LED) e flusso emesso verso l'alto pari allo 0%, come da calcolo illuminotecnico allegato.

Tipologia dei sostegni

Normative di riferimento

La struttura dovrà essere calcolata in base ai requisiti delle seguenti Normative:

- UNI EN40-5:
Pali per illuminazione pubblica - Specifiche per pali per illuminazione pubblica di acciaio
- UNI EN40-2:
Pali per illuminazione pubblica - Parte 2: Requisiti generali e dimensioni.
- UNI EN40-3-1:
Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica. Specifica dei carichi caratteristici.
- UNI EN40-3-3:
Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica. Verifica mediante calcolo.
- UNI EN 10025:
Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali.
- UNI EN 10219:
Profilati cavi formati a freddo di acciaio non legati a grano fine per strutture saldate. (Solo nel caso di pali rastremati)

- UNI EN ISO 1461:
Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio.
Specificazioni e metodi di prova.

Descrizione tecnica

Il palo conico a sezione circolare, sarà ricavato da lamiera in acciaio S235JR (Fe360B) in conformità alla norma UNI EN 10025, formato a freddo mediante pressopiegatura e saldato longitudinalmente. Il procedimento di saldatura sarà del tipo GMAW effettuato nel rispetto delle specifiche (WPS) in conformità alla norma UNI EN ISO 15601-1 e qualificato (WPAR) secondo la norma UNI EN ISO 15614-1. Il procedimento dovrà essere eseguito da operatori di saldatura qualificati e patentati in conformità alle norme UNI EN 1418 e UNI EN 287-1.

La protezione superficiale, interna/esterna, sarà assicurata mediante zincatura a caldo realizzata in conformità alla norma UNI EN ISO 1461.

Il palo sarà completo delle seguenti lavorazioni (in linea tra loro):

- Foro ingresso cavi posto con mezzeria a mm. 600 dalla base, avente dimensione di mm. 186x45
- Supporto messa a terra, saldato al palo, per bullone M10, posizionato a mm. 900 dalla base
- Asola per morsettiera posta con mezzeria a mm. 1800 dalla base, avente dimensioni di mm. 186x45
- La sommità del palo è calibrata con diametro di mm. 60 per una lunghezza di mm. 200
- Mensola singola realizzata in tubo di carpenteria \varnothing 60 mm, avanzamento mm. 1700, zincata a caldo, completa di predisposizione per il fissaggio alla sommità del palo mediante innesto a bicchiere e fissaggio con grani.

Caratteristiche

a) Palo 9000/4

- Diametro sommità 60 mm
- Altezza totale 9000 mm
- Altezza fuori terra 8100 mm
- Interramento 900 mm

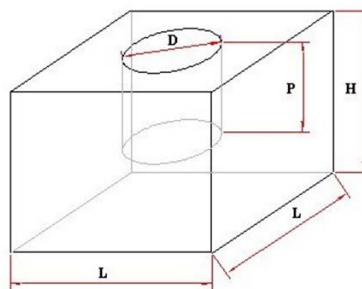
Tolleranze dimensionali di fabbricazione

(in conformità alla norma UNI EN 40 parte 2)

- Altezza: il valore maggiore tra +/- 0,6% dell'altezza totale del palo, oppure +/- 25 mm.
- Rettilinearità: lo scostamento ammesso è minore o uguale a 0,003 dell'altezza totale del palo
- Circonferenza: +/- 1% dello sviluppo nominale della lamiera.
- \varnothing esterno: +/- 3% del diametro calcolato in base alla misura della circonferenza.
- Spessore: per spessori da 3 a 4 mm. +/- 0,2 mm.

Plinto di fondazione

- Larghezza L 1100 mm
- Altezza H 1000 mm
- Diametro vano palo D 350 mm
- Profondità vano palo P 900 mm
- Volume plinto 1.133 mc



Il calcolo della fondazione è stato elaborato in conformità a quanto previsto dal D.M. LL.PP. del 14/01/2008 "Norme tecniche per i calcoli, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche", ipotizzando una capacità portante del terreno (q_{lim}) di 450 kPa.


Calcoli Illuminotecnici

I calcoli illuminotecnici sono stati effettuati con l'utilizzo del software Dialux, fornendo risultati sufficientemente attendibili, come riportato in allegato.

IMPIANTO ELETTRICO

Requisiti minimi corpi illuminanti

I corpi illuminanti avranno le seguenti caratteristiche elettriche minime:

- Grado di protezione minimo degli apparecchi d'illuminazione contro la penetrazione ai corpi solidi e liquidi IP 65. Questo elevato grado di protezione impedisce la penetrazione all'interno dell'apparecchio di pioggia e polvere, rendendolo praticamente sigillato.
- La classe dell'apparecchio nei confronti dei contatti indiretti sarà II.
- Dovranno avere il vano ottico chiuso da elementi trasparenti e piani realizzati con materiali come vetro temprato.
- Dovranno avere un alto rendimento luminoso (rapporto tra flusso luminoso (lm) reso dall'apparecchio e flusso luminoso (lm) emesso dalla lampada comunque superiore al 70% per tutti gli apparecchi ed al 55% per le tipologie a lanterna.
- Sull'apparecchio di illuminazione dovranno essere riportati i seguenti dati di targa:
 - a. nome della ditta costruttrice, numero di identificazione o modello;
 - b. tensione di funzionamento;
 - c. limiti della temperatura per cui è garantito il funzionamento, se diverso da 25°;
 - d. grado di protezione IP;
 - e. il simbolo per la classe II 
 - f. potenza nominale in Watt e tipo di lampada.
- Il costruttore dell'apparecchio dovrà fornire un foglio con le istruzioni per la corretta installazione in conformità alla legge regionale per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per la manutenzione.
- Gli apparecchi dovranno essere conformi alle normative di riferimento (CEI 34-21, CEI 34-30, CEI 34-33, CEI 64-7).

I corpi illuminanti avranno inoltre le seguenti ulteriori specifiche minime:

- Elemento di chiusura in alluminio.
- Sistema di sezionamento elettrico per la manutenzione in caso di apertura del vano ottico.
- Certificazione dei dati fotometrici.

Protezione da acqua e corpi solidi

Le parti accessibili da terzi (altezza inferiore a m. 3) degli involucri contenenti componenti elettrici, ove non precisato dal presente progetto, dovranno avere grado di protezione almeno pari a IP 43.

Per le altre parti di impianto dovranno essere rispettati i seguenti gradi di protezione:

- per i componenti installati in pozzetto IP68
- per il vano porta apparecchi dei corpi illuminanti IP44
- per il vano lampada IP44 min.

Protezioni meccaniche

I componenti degli impianti esposti al pericolo di prevedibili lesioni meccaniche dovranno essere adeguatamente protetti.

Gli accorgimenti costruttivi sono da studiarsi caso per caso; in particolare è richiesta una protezione meccanica per i cavi fuori terra disposti a meno di 3 m dal suolo e per i cavi installati a portata di mano rispetto ai piani di calpestio dei luoghi ordinariamente percorsi da persone.

Cavi e tipologia di posa

Le condutture di BT saranno dimensionate in modo da tenere conto di fattori elettrici (la massima caduta di tensione ammissibile e la corrente di impiego), dei fattori termici (protezione dell'isolante dalle sovratemperature e temperatura ambiente) e il tipo di posa secondo quanto espresso dalle norme CEI 64-8.

Per un corretto dimensionamento delle condutture e per la scelta e il coordinamento degli apparecchi di manovra e protezione bisogna valutare la "corrente d'impiego" (I_b) cioè la quantità di corrente che la linea è destinata a trasportare per soddisfare le necessità dei carichi.

Nel determinare la corrente d'impiego dovranno essere considerati :

- la potenza del carico in kW [P]
- il fattore di potenza del carico [$\cos \phi$]
- il coefficiente di utilizzazione [Ku]

Una volta ricavata la corrente d'impiego I_b si determinerà la sezione dal punto di vista termico verificando la relazione :

$$I_b \leq I_z$$

dove I_z è la portata della conduttura.

In effetti tale valore di portata risulta influenzato, oltre dalla sezione e isolante del cavo, da altri fattori quali:

- a) tipo di posa del cavo,
- b) temperatura ambiente,
- c) presenza di altri conduttori nelle vicinanze.

La protezione contro il sovraccarico e contro il corto circuito in bassa tensione sarà garantita utilizzando interruttori magnetotermici.

Come stabilito dalla norme, la protezione dal sovraccarico è garantita con il soddisfacimento delle due condizioni :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove I_z ed I_b sono rispettivamente la portata e la corrente di impiego della linea protetta, I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione, e I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

La protezione dai corto circuiti è garantita verificando che ogni dispositivo di protezione contro i corto circuiti risponda alle due seguenti condizioni :

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di corto-circuito presunta nel punto di installazione ;
- deve essere in grado di interrompere il corto circuito in un tempo tale da evitare al conduttore il funzionamento a temperature elevate, ossia verificando la relazione:

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

con il valore di K scelto a seconda del tipo di cavo come indicato dalla normativa.

I cavi saranno dimensionati in modo tale che la caduta di tensione tra l'origine dell'impianto e un qualsiasi altro punto non sia superiore al 4 % della tensione nominale dell'impianto.

Il tipo di posa dei cavi sarà previsto in modo da soddisfare sia le esigenze logistiche sia quelle di natura tecnico - funzionale.

A tal fine si opererà come di seguito descritto.

Le condutture elettriche saranno costituite da cavi del tipo multipolare FG16OR16 0,6/1kV con conduttori a corda flessibile in rame stagnato, isolato con gomma HEPR qualità G16, cordati con riempitivo di materiale non igroscopico e protetti da una guaina in PVC.

Detti cavi saranno posati entro cavidotti in PVC serie PESANTE di adeguato diametro, interrati alla profondità prevista in progetto e, comunque, non inferiore a cm. 50. Superiormente allo scavo ed immediatamente al di sotto del manto stradale sarà realizzata una protezione meccanica supplementare, costituita da calcestruzzo gettato in opera per uno spessore non inferiore a cm. 10.

In corrispondenza delle derivazioni dalle dorsali saranno realizzati idonei pozzetti di derivazione di dimensioni interne non inferiori rispettivamente a cm. 40x40 con chiusini in ghisa per i percorsi stradali e carrabili, cm.30x30 con chiusini in cls per i camminamenti pedonali, profondità pari a quella dello scavo.

La distribuzione avverrà mediante cavi dorsali multipolari, in modo da realizzare una distribuzione trifase + neutro. I punti luce saranno derivati lungo il tracciato della linea ciclicamente tra le fasi ed il neutro con cavi bipolari.

Cassette, giunzioni, derivazioni

Per cavi di sezione fino a 16mm² la derivazione agli apparecchi di illuminazione sarà effettuata con l'impiego di cassetta di connessione in classe II, collocata nell'alloggiamento all'interno del palo, con transito nella medesima dei cavi di dorsale.

Ove non fosse possibile tale tipo di derivazione, le giunzioni dovranno essere realizzate nei pozzetti, senza interruzione del conduttore, utilizzando connettori a compressione crimpati, prevedendo il ripristino dell'isolamento iniziale mediante nastro auto agglomerante e successiva finitura mediante nastro isolante. La giunzione dovrà essere realizzata a "T" e non in linea per garantire l'idoneo grado di protezione della giunzione stessa.

La salita all'asola dei cavi unipolari sarà riservata unicamente alla fase interessata ed al neutro escludendo le restanti due fasi; per tratti di dorsali rilevanti dovrà essere previsto altresì un sezionamento dell'intera linea facendo transitare le tre fasi ed il neutro in una cassetta di connessione collocato nell'asola di un palo secondo indicazione dei Direttore dei Lavori.

La sezione minima dei conduttori deve essere di 2,5 mm² per le derivazioni ai punti luce.

Protezione dai contatti diretti e indiretti

La protezione da contatti diretti consiste nel realizzare le misure per proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto diretto con le parti attive; le Norme CEI 64-8 prevedono le seguenti modalità esecutive:

- protezione mediante isolamento che può essere rimosso solo mediante distruzione;
- protezione mediante involucri o barriere;
- protezione mediante ostacoli;
- protezione mediante distanziamento;
- protezione addizionale mediante interruttore differenziale.

La protezione da contatti indiretti, per il sistema di distribuzione TT, è affidata all'utilizzo di interruttori differenziali coordinati con l'impianto di terra.

Impianto di terra

Gli apparecchi di classe II, detti anche a doppio isolamento, sono progettati in modo da non richiedere la connessione delle masse a terra. In tal caso, tuttavia, la protezione dai contatti diretti e indiretti sarebbe esclusivamente affidata all'integrità degli isolamenti. In favore di sicurezza, quindi, è opportuno che l'impianto di illuminazione sia comprensivo di impianto di terra, come da sistema di distribuzione TT (masse collegate a terra tramite impianto di terra locale).

ALLEGATI

- Elaborato di calcolo illuminotecnico (tratta tipo della viabilità interna)

I Progettisti

Ing. Francesco FRASCELLA



Ing. Fernando TRAMONTE



Lista lampade

Φ_{totale}
48975 lm

P_{totale}
400.0 W

Rendimento luminoso
122.4 lm/W

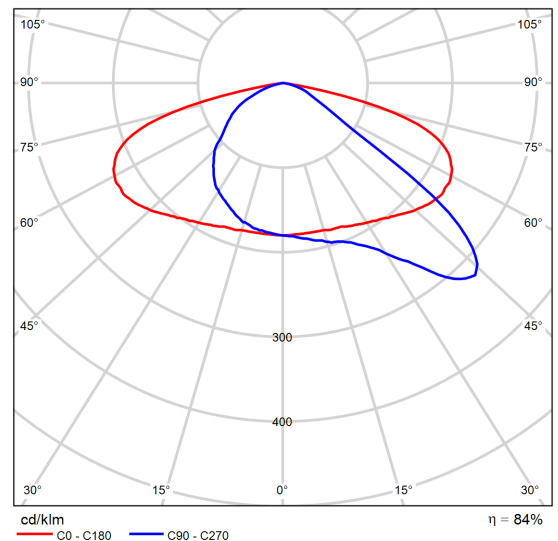
Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	Φ	Rendimento luminoso
5	SCHREDER		TECEO GEN2 1 / 5139 / 32 LEDs 800mA NW 740 80W / Light Exhauster / 445072	80.0 W	9795 lm	122.4 lm/W

Scheda tecnica prodotto

SCHREDER TECEO GEN2 1 / 5139 / 32 LEDs 800mA NW 740 80W / Light Exhauster / 445072



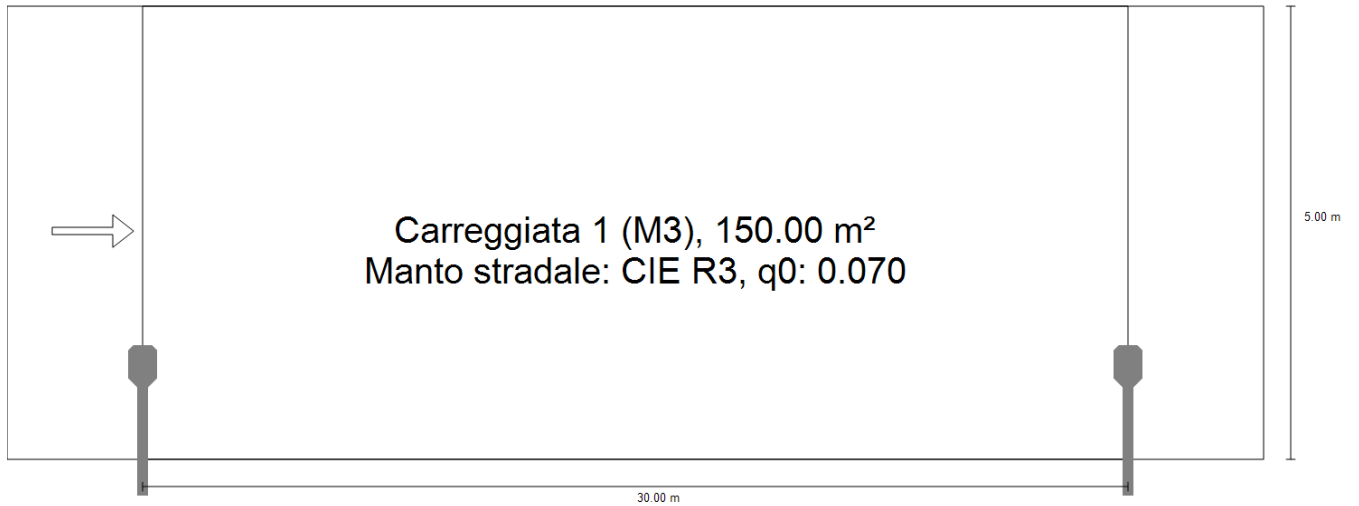
Articolo No.	
P	80.0 W
$\Phi_{Lampadina}$	11665 lm
$\Phi_{Lampada}$	9795 lm
η	83.96 %
Rendimento luminoso	122.4 lm/W
CCT	4000 K
CRI	70



CDL polare

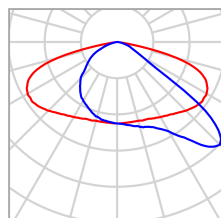
PERIMETRALE CAMPO FOTOVOLTAICO

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)



PERIMETRALE CAMPO FOTOVOLTAICO

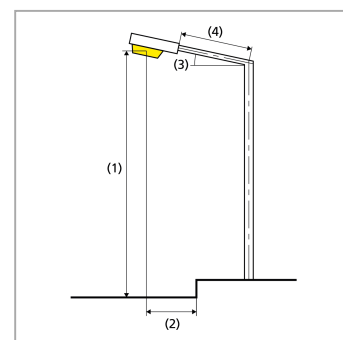
Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)



Produttore	SCHREDER	P	80.0 W
Articolo No.		$\Phi_{Lampadina}$	11665 lm
Nome articolo	TECEO GEN2 1 / 5139 / 32 LEDs 800mA NW 740 80W / Light Exhauster / 445072	$\Phi_{Lampada}$	9795 lm
		η	83.96 %
Dotazione	1x 32 LEDs 800mA NW 740		

TECEO GEN2 1 / 5139 / 32 LEDs 800mA NW 740 80W / Light Exhauster / 445072 (su un lato sotto)

Distanza pali	30.000 m
(1) Altezza fuochi	9.000 m
(2) Distanza fuochi	1.000 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	1.000 m
Ore di esercizio annuali	4000 h: 100.0 %, 80.0 W
Consumo	2640.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminose	≥ 70°: 435 cd/klm
Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	≥ 80°: 71.2 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Classe intensità luminose	G*4
I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al	



PERIMETRALE CAMPO FOTOVOLTAICO

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

flusso luminoso lampade.

Classe indici di abbagliamento	D.5
--------------------------------	-----

Risultati per i campi di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Carreggiata 1 (M3)	L_m	1.02 cd/m ²	≥ 1.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.81	≥ 0.40	✓
	U_l	0.86	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}	0.64	≥ 0.30	✓

Per l'installazione è stato previsto un fattore di manutenzione di 0.80.

Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

	Unità	Calcolato	Consumo
PERIMETRALE CAMPO FOTOVOLTAICO	D_p	0.038 W/lx*m ²	-
TECEO GEN2 1 / 5139 / 32 LEDs 800mA NW 740 80W / Light Exhauster / 445072 (su un lato sotto)	D_e	2.1 kWh/m ² anno	320.0 kWh/anno

PERIMETRALE CAMPO FOTOVOLTAICO

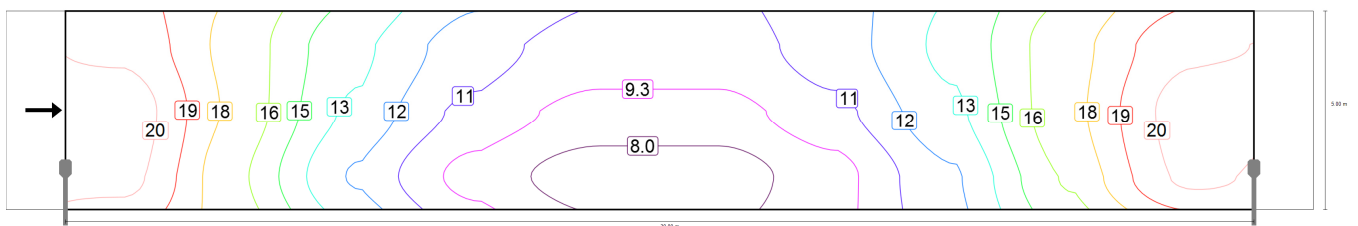
Carreggiata 1 (M3)

Risultati per campo di valutazione

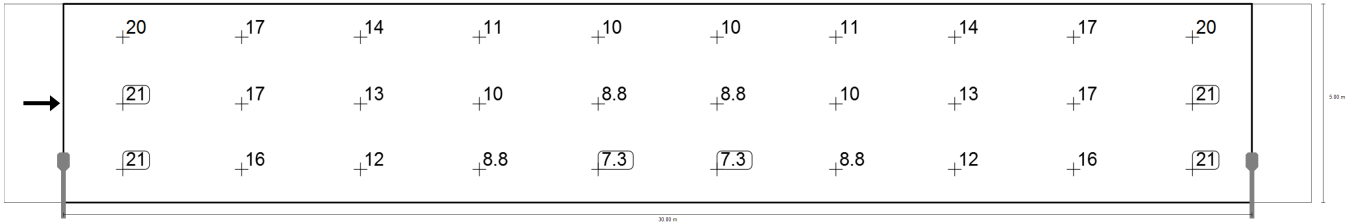
	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Carreggiata 1 (M3)	L_m	1.02 cd/m ²	≥ 1.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.81	≥ 0.40	✓
	U_l	0.86	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓
	R_{Et}	0.64	≥ 0.30	✓

Risultati per osservatore

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Osservatore 1 Posizione: -60.000 m, 2.500 m, 1.500 m	L_m	1.02 cd/m ²	≥ 1.00 cd/m ²	✓
	U_o	0.81	≥ 0.40	✓
	U_l	0.86	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Curve isolux)

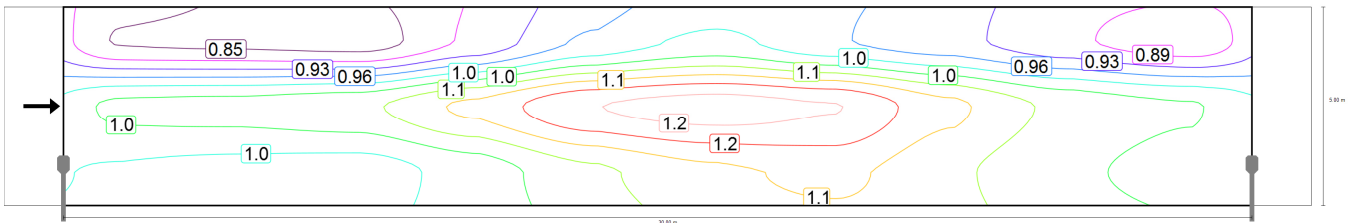


Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Raster dei valori)

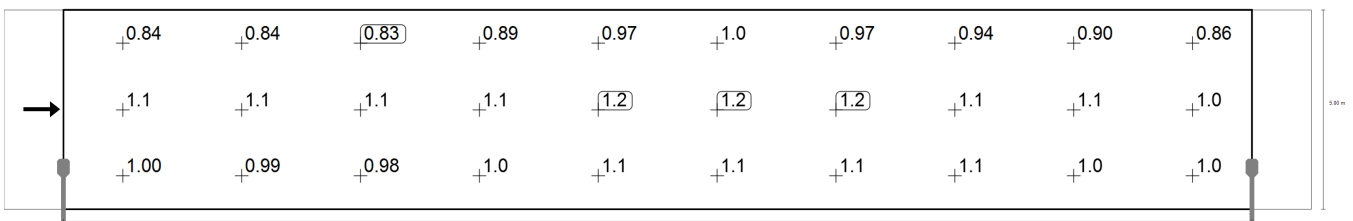
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
4.167	20.06	17.05	13.78	11.36	10.03	10.03	11.36	13.78	17.05	20.06
2.500	21.03	17.19	13.13	10.29	8.83	8.83	10.29	13.13	17.19	21.03
0.833	20.67	16.42	11.91	8.84	7.27	7.27	8.84	11.91	16.42	20.67

Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Tabella valori)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valore di manutenzione illuminamento orizzontale	13.9 lx	7.27 lx	21.0 lx	0.525	0.346



Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m^2] (Curve isolux)

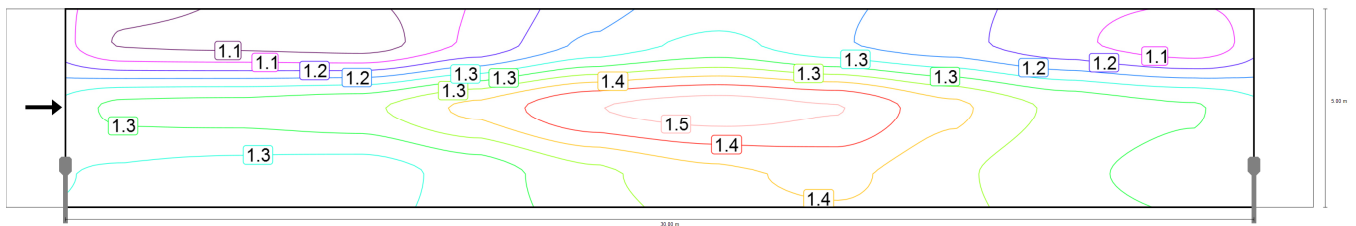


Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m^2] (Raster dei valori)

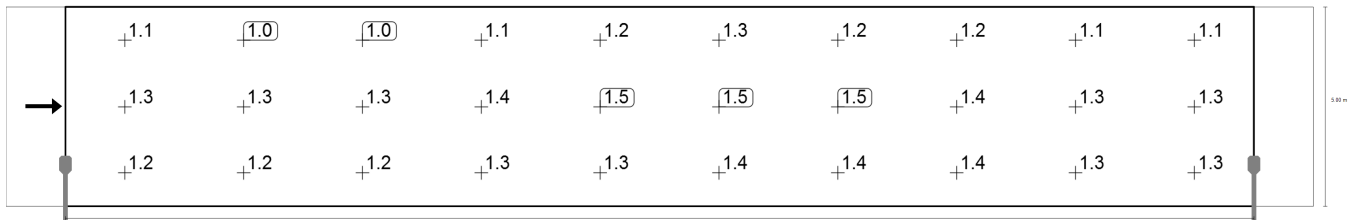
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
4.167	0.84	0.84	0.83	0.89	0.97	1.01	0.97	0.94	0.90	0.86
2.500	1.05	1.06	1.07	1.13	1.19	1.21	1.20	1.13	1.07	1.05
0.833	1.00	0.99	0.98	1.02	1.07	1.11	1.13	1.09	1.05	1.03

Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Tabella valori)

	L _m	L _{min}	L _{max}	g ₁	g ₂
Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta	1.02 cd/m ²	0.83 cd/m ²	1.21 cd/m ²	0.811	0.683



Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Curve isolux)



Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Raster dei valori)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
4.167	1.06	1.05	1.04	1.12	1.22	1.27	1.21	1.17	1.12	1.07
2.500	1.31	1.32	1.34	1.41	1.49	1.52	1.50	1.41	1.34	1.31
0.833	1.25	1.24	1.23	1.27	1.34	1.39	1.41	1.36	1.31	1.28

Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Tabella valori)

	L _m	L _{min}	L _{max}	g ₁	g ₂
Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione	1.28 cd/m ²	1.04 cd/m ²	1.52 cd/m ²	0.811	0.683