

Variante alla SS12 da Buttapietra
alla tangenziale SUD di Verona

PROGETTO DEFINITIVO

COD. VE92

PROGETTAZIONE:	MANDATARIA:		MANDANTI:	 No.Do. e Servizi s.r.l. Società di Ingegneria		
RAGGRUPPAMENTO			 IDRO.STRADE s.r.l.			
PROGETTISTI						
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:			PROGETTISTI:			
Ing. Antonino Alvaro – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Ingegneri Provincia di Cosenza n. A282			Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti di Reggio Cal. n. A2316			
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:			Ing. Francesco Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A922			
Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. A2316			Ing. Carmine Guido – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1379			
I GEOLOGI:			Ing. Sandro D'Agostini – Ordine Ingegneri Belluno n. A457			
Dott. Geol. Domenico Carrà – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 641			Ing. Antonio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1003			
Dott. Geol. Francesco Molinaro – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 1063			GRUPPO DI PROGETTAZIONE:			
VISTO:IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:			Ing. Ovidio Italiano – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri di Reggio Calabria n. A2177			
Ing. Antonio Marsella			Arch. Alessandra Alvaro – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti Cosenza n. A1490			
PROTOCOLLO:			Ing. Gaetano Zupo – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5385			
DATA:			Geom. Giuseppe Crispino – SIGECO Eng. srl Collegio Geometri Potenza n. 2296			
			Ing. Paola Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5488			
			Ing. Mario Francesco Perri – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A3784			
			Arch. Simona Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Architetti Cosenza n. A1637			
			Ing. Roberto Scrivano – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A2061			
			Ing. Emiliano Domestico – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5501			
			Geol. Carolina Simone – NO.DO. e Serv. srl Ordine Geologi della Calabria n. 730			
			Ing. Giorgio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Prov. di Cosenza n. A5873			

Relazione tecnica dell'impianto di illuminazione

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REV.	SCALA:
		TOOIM00IMPRE01_B				
CO VE0029 D 2001		CODICE ELAB. TOOIM00IMPRE01			B	-
D						
C						
B	Emissione a seguito osservazioni MASE	Genn./2022	Sigeco Engineering S.r.l.	Ing. M. Greco	Arch. G. Luciano	Ing. N. Alvaro
A	Prima emissione	Dic. 2021	Sigeco Engineering S.r.l.	hg. M. Greco	Arch. G. Luciano	hg. A. Alvaro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1. PREMESSA	3
2. CRITERI PROGETTUALI CALCOLI ELETTRICI	7
2.1. Protezione contro i sovraccarichi	7
2.2. Protezione contro i corto circuiti	8
2.3. Protezione contro i contatti indiretti	8
2.3.1. Sistemi TT	8
2.3.2. Sistemi TN	9
2.3.3. Sistemi IT	9
2.4. Energia specifica passante	10
2.5. Caduta di tensione	11
2.6. Temperatura a regime del conduttore	11
2.7. Lunghezza max protetta per guasto a terra	12
2.8. Lunghezza max	12
2.9. Lettura tabelle riepilogative	12
2.9.1. Dati relativi alla linea	12
2.10. Modalità di posa	13
2.10.1. Secondo Tabelle UNEL 35024/70	13
2.10.2. Secondo Rapporto CENELEC RO 64-001 1991	13
2.10.3. Secondo Tabelle UNEL 35024/1	13
2.10.4. Dati relativi alla protezione (letti da archivio apparecchiature)	13
2.10.5. Parametri elettrici	14
2.11. Dimensionamento canaline e tubi	14
3. DESCRIZIONE DELLE LINEE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA	15
3.1. Giunzioni	17
3.2. Derivazioni verso le armature stradali	17

4.	APPARECCHI ILLUMINANTI.....	18
4.1.	Tipologia apparecchi.....	18
4.2.	Montaggio.....	18
4.3.	Regolazione del flusso luminoso e gestione da remoto.....	18
5.	SOSTEGNI.....	20
5.1.	Tipologia.....	20
5.2.	Basamenti.....	20
5.3.	Posa dei pali.....	21
6.	DESCRIZIONE DEI QUADRI ELETTRICI.....	21
7.	DESCRIZIONE DEL CAVO DELL'ALIMENTAZIONE DEI CARICHI.....	23
7.1.	Caratteristiche funzionali.....	23
7.2.	Caratteristiche particolari.....	23
7.3.	Condizioni di impiego.....	23
7.4.	Caratteristiche costruttive.....	24
8.	CALCOLI ILLUMINOTECNICI.....	25
8.1.	Ipotesi progettuali e scelta della categoria illuminotecnica.....	25
8.2.	Identificazioni delle zone di studio.....	27
8.2.1.	Strade, svincoli, rotonde e piste ciclabili.....	27
8.2.2.	Sottopasso.....	28
8.3.	Calcolo e risultati illuminotecnici.....	28
9.	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO.....	29

1. PREMESSA

La presente relazione contiene i calcoli di dimensionamento dei circuiti elettrici degli impianti di illuminazione delle Rotatorie e degli Svincoli relativi alla Variante S.S. 12 - da Buttapietra alla tangenziale sud di Verona.

Nella progettazione degli impianti d'illuminazione sono state adottate le soluzioni e individuate le tecnologie che soddisfano maggiormente i seguenti obiettivi:

- la sicurezza degli utenti stradali e degli operatori;
- facilità realizzativa;
- bassi costi per gli interventi di manutenzione;
- bassi costi di esercizio;
- risparmio energetico;
- controllo in remoto del sistema;
- rispetto degli standard aziendali.

Il progetto è costituito essenzialmente, per quanto di competenza impiantistica, da:

1. **Rotatoria dell'Alpo Est (Rotatoria 1)**, con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Est", "Ramo di uscita tangenziale sud" e "Ramo Ovest".
2. **Rotatoria dell'Alpo Ovest (Rotatoria 2)**, con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Est", "Ramo di uscita tangenziale sud", "Ramo Ovest" e "Ramo strada principale direzione Ca Brusà".
3. **Rotatoria La Rizza (Rotatoria 3)**, con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo strada da la Rizza", "Ramo Ca Brusà", "Ramo la Rizza" e "Ramo via dell'Alpo".
4. **Svincolo Ca Brusà (Svincolo 1)**, composto da 4 rampe di ingresso/uscita denominate "Rampa 1/2/3/4" e un ramo di collegamento denominato "Rampa Bidirezionale - A".
5. **Rotatoria Ca Brusà (Rotatoria 4)**, con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Rampa bidirezionale - A - Svincolo Ca Brusà", "Ramo Est", "Ramo Ovest" e "Ramo strada della corte Bassa".
6. **Rotatoria Ca di David (Rotatoria 5)**, con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Nord", "Ramo Sud" e "Ramo via Ca di David".
7. **Rotatoria Stazione (Rotatoria 6)**, con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Est", "Ramo Sud", "Ramo via della Stazione" e "Ramo via Ca di David".

8. **Rotatoria Scuderlando** (*Rotatoria 7*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Sud", "Ramo Nord" e "Ramo via della Stazione".
9. **Rotatoria Bauli** (*Rotatoria 8*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Est", "Ramo Sud" e "Ramo strada della corte Bassa".
10. **Svincolo Castel D'Azzano** (*Svincolo 2*), composto da 4 rampe di ingresso/uscita denominate "Rampa 5/6/7/8".
11. **Rotatoria Castel D'Azzano** (*Rotatoria 9*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Rampa 5 - Svincolo Castel D'Azzano", "Ramo Rampa 6 - Svincolo Castel D'Azzano", "Ramo Rampa 7 - Svincolo Castel D'Azzano", "Ramo Rampa 8 - Svincolo Castel D'Azzano", "Ramo deviazione SP51a" e "Ramo via Azzano".
12. **Svincolo Vigasio** (*Svincolo 3*), composto da 4 rampe di ingresso/uscita denominate "Rampa 9/10/11/12".
13. **Rotatoria Vigasio** (*Rotatoria 10*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo Rampa 9 - Svincolo Vigasio", "Ramo Rampa 10 - Svincolo Vigasio", "Ramo Rampa 11 - Svincolo Vigasio", "Ramo Rampa 12 - Svincolo Vigasio", "Ramo prolungamento via Ca Bassa" e "Ramo via Brigafatta".
14. **Rotatoria Brigafatta** (*Rotatoria 11*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo via Brigafatta", "Ramo Sud", "Ramo via Zambonina Est" e "Ramo Nord".
15. **Rotatoria Settimo** (*Rotatoria 12*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo prolungamento via Ca Bassa", "Ramo Ovest", "Ramo Est" e "Ramo via Ca Bassa nuova".
16. **Rotatoria San Giorgio** (*Rotatoria 13*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo via Ca Bassa nuova", "Ramo Nord" e "Ramo Sud".
17. **Rotatoria degli Angeli** (*Rotatoria 14*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo via San Giorgio", "Ramo via degli Angeli" e "Ramo Rampa 13".
18. **Rotatoria Buttapietra** (*Rotatoria 15*), con i seguenti rami stradali di ingresso/uscita: "Ramo innesto SS12", "Ramo Sud" e "Ramo Rampa 14".
19. **Sottopasso Ca di David** posizionato sulla Nuova via della Stazione

Nel dettaglio, i calcoli di dimensionamento dei circuiti elettrici, si riferiscono alle rotonde e agli svincoli di cui sopra, ed in particolare ai seguenti quadri:

- Interruttore generale QIG"n°", collocato in apposito armadio con grado di protezione non inferiore a IP55 in materiale sintetico come poliestere rinforzato con fibre di vetro (non metallico) completo di serratura

agibile mediante chiave di sicurezza, prese d'aria anteriori e sottotetto (il tipo di alloggiamento e tipologia di quadro vale per i 3 svincoli e le 15 rotatorie di cui in oggetto)

- Quadro denominato Q1; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Dell'Alpo Est".
- Quadro denominato Q2; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Dell'Alpo Ovest".
- Quadro denominato Q3; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "La Rizza".
- Quadro denominato Q4; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Ca Brusà".
- Quadro denominato Q4.1; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato allo svincolo "Ca Brusà".
- Quadro denominato Q5; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Ca di David".
- Quadro denominato Q6; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Stazione".
- Quadro denominato Q7; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Scuderlando".
- Quadro denominato Q8; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Bauli".
- Quadro denominato Q9; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato allo svincolo "Castel D'Azzano" e alla rotatoria "Castel D'Azzano".
- Quadro denominato Q10; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato allo svincolo "Vigasio" e alla rotatoria "Vigasio".
- Quadro denominato Q11; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n° ed è dedicato alla rotatoria "Brigafatta".

- Quadro denominato Q12; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n°" ed è dedicato alla rotatoria "Settimo".
- Quadro denominato Q13; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n°" ed è dedicato alla rotatoria "San Giorgio".
- Quadro denominato Q14; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n°" ed è dedicato alla rotatoria "Degli Angeli".
- Quadro denominato Q15; il quadro elettrico si colloca come il quadro QIG"n°" ed è dedicato alla rotatoria "Buttapietra".

Oltre ai calcoli elettrici dei suddetti quadri, fanno parte del presente documento i calcoli illuminotecnici per i quali sono stati eseguiti calcoli specifici per le diverse tipologie di zone presenti, di conseguenza il numero di apparecchi illuminanti risultante dal calcolo è stato arrotondato in funzione della configurazione geometrica delle zone, sempre comunque verificando che fossero conseguiti i minimi valori prescritti dalla normativa.

Nel procedimento di calcolo eseguito con elaboratore, è stato utilizzato il software dedicato "Dialux evo", in quanto ritenuto oggettivamente affidabile e completo.

In sede progettuale è stato fatto riferimento a determinate tipologie di apparecchi con definite prestazioni operative, funzionali e di resa, non essendo possibile progettare, ad equivalenza di prestazioni, su tutto lo spettro delle apparecchiature disponibili in commercio. Pertanto, in relazione alle apparecchiature che si debbono ritenere specialistiche, i requisiti elencati negli elaborati progettuali possono essere sostituiti con requisiti tali da garantire caratteristiche funzionali e prestazioni operative e/o energetiche equivalenti o superiori a quelle riportate in questo contesto o nelle tavole progettuali. I riferimenti dei materiali di tipo commerciale, se presenti, sono da intendersi, in tutti gli elaborati progettuali, solo ed esclusivamente come dichiarazione esemplificativa di caratteristiche tecniche.

Per un maggiore dettaglio del posizionamento dei corpi illuminanti, dei quadri elettrici, delle tubazioni e delle canalizzazioni elettriche principali, delle caratteristiche degli interruttori automatici a protezione delle linee e dei componenti elettrici dell'impianto, delle dimensioni dell'involucro esterno di ogni singolo quadro elettrico, si rimanda alla visione degli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

2. CRITERI PROGETTUALI CALCOLI ELETTRICI

La scelta delle caratteristiche tecniche, dimensionali e quantitative dei componenti da impiegare è basata sui seguenti criteri generali:

- interruttori con correnti nominali adeguate alle correnti di impiego dei circuiti e con potere di interruzione non inferiore alla corrente di corto circuito simmetrica trifase presunta nel punto di installazione, assumendo come livello di cortocircuito in corrispondenza della consegna di energia pari a 10kA (U);
- cavi con portate nominali (nelle specifiche condizioni di posa) superiori alle correnti nominali dei rispettivi interruttori e di sezione tale da non comportare una caduta di tensione complessiva superiore al 4% fra punto di origine dell'impianto ed utilizzatore più distante;
- protezione delle linee contro le sollecitazioni termiche con impiego di interruttori aventi energia specifica passante inferiore a quella sopportabile dai cavi ad essi sottesi;
- impiego, sulle singole linee terminali, di interruttori magnetotermici differenziali onde ottenere la protezione contro i contatti indiretti tramite adeguato coordinamento con l'impianto di terra, ai fini dell'interruzione automatica del guasto.

I calcoli elettrici sono stati elaborati con il programma software i-project 6 Ver. 6.24 che consente:

- verifica della portata del cavo;
- determinazione della caduta di tensione;
- calcolo del minimo valore della corrente di intervento magnetico dell'interruttore al fine di conseguire la protezione a fondo linea.

Inoltre, i calcoli allegati, sono frutto di una rielaborazione degli schemi costruttivi dei quadri elettrici da installare presso l'impianto in oggetto; in particolare nell'ALLEGATO "Calcoli dimensionamento linee elettriche impianto illuminazione" sono riportati i calcoli più significativi sviluppati per alimentare le utenze citate al capitolo 1.

2.1. Protezione contro i sovraccarichi

Se è soddisfatta la condizione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove

I_b = Corrente di impiego del circuito

I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione

I_z = Portata in regime permanente della conduttura

I_f = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

2.2. Protezione contro i corto circuiti

Se è soddisfatta la condizione:

$$I_{ccMax} \leq P.d.i.$$

$$I^2t \leq K^2 S^2$$

dove

I_{ccMax} = Corrente di corto circuito massima

P.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione

I^2t = Integrale di Joule della corrente di corto circuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)

K = Coefficiente della conduttura utilizzata

- 115 per cavi isolati in PVC
- 135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica
- 143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato

S = Sezione della conduttura

2.3. Protezione contro i contatti indiretti

2.3.1. Sistemi TT

Se è soddisfatta la condizione:

$$R_A \times I_a \leq 50$$

Dove

RA = è la somma delle resistenze del dispersore e del conduttore di protezione in ohm

Ia = è la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione, in ampere

2.3.2. Sistemi TN

Se è soddisfatta la condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Dove

U₀ = Tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra, in Volt

Z_s = Impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo e di protezione tra punto di guasto e la sorgente

I_a = Valore in ampere, della corrente di intervento in 5 sec. o secondo le tabelle CEI 64.8/4 - 41A e/o 48A del dispositivo di protezione

2.3.3. Sistemi IT

Se è soddisfatta la condizione:

$$R_T \times I_d \leq 50$$

Dove

R_T = è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse, in ohm;

I_d = è la corrente di guasto nel caso di primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di fase ed una massa, in ampere. Il valore di I_d tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto.

Non è necessario interrompere il circuito in caso di singolo guasto a terra.

Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni di interruzione dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto sono:

- quando le masse sono messe a terra per gruppi od individualmente, le condizioni sono date nell'art. 413.1.4 Norma CEI 64.8/4 come per i sistemi TT
- quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione, si applicano le prescrizioni relative al sistema TN ed in particolare:

con neutro non distribuito

$$Z S \leq U$$

$$2 * I_a$$

con neutro distribuito

$$Z S \leq U_0$$

$$2 * I_a$$

Dove

U_0 = è la tensione nominale in c.a., valore efficace, tra fase e neutro

U = è la tensione nominale in c.a., valore efficace, tra fase e fase

ZS = è l'impedenza dell'anello di guasto costituito dal conduttore di fase e dal conduttore di protezione del circuito

$Z'S$ = è l'impedenza del circuito di guasto costituito dal conduttore di neutro e dal conduttore di protezione del circuito

I_a = è la corrente che interrompe il circuito entro il tempo specificato dalle tabelle CEI 64.8/4 – 41B e/o 48A, od entro 5 s per tutti gli altri circuiti, quando questo tempo è permesso

2.4. Energia specifica passante

Se è soddisfatta la condizione:

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

Dove

I^2t = valore dell'energia specifica passante letto sulla curva I^2t della protezione in corrispondenza delle correnti di corto circuito

K^2S^2 = Energia specifica passante sopportata dalla conduttura K = coefficiente del tipo di cavo (115,135,143)

S = sezione della conduttura

2.5. Caduta di tensione

Se è soddisfatta la condizione:

$$\Delta V = K \times I_b \times L \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Dove

I_b = corrente di impiego I_b o corrente di taratura I_n espressa in A

Rl = resistenza (alla TR) della linea in Ω/km

Xl = reattanza della linea in Ω/km

K = 2 per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi L = lunghezza della linea

2.6. Temperatura a regime del conduttore

Il conduttore attraversato da corrente dissipa energia che si traduce in un aumento della temperatura del cavo.

La temperatura viene calcolata come di seguito indicato:

$$T_R = T_Z \times n \times T^2 - T_A (n^2 - 1)$$

Dove

T_R = è la temperatura a regime espressa in $^{\circ}\text{C}$

T_Z = è la temperatura massima di esercizio relativa alla portata espressa in $^{\circ}\text{C}$

T_A = è la temperatura ambiente espressa in $^{\circ}\text{C}$

n = è il rapporto tra la corrente d'impiego I_b e la portata I_z del cavo, ricavata dalla tabella delle portate adottata dall'utente (Unel 35024/70, IEC 364-5-523, CEI- Unel 35024/1)

2.7. Lunghezza max protetta per guasto a terra

Se è soddisfatta la condizione:

$$I_{cc \text{ min a fondo linea}} > I_{int}$$

Dove

$I_{cc \text{ min}}$ = corrente di corto circuito minima tra fase e protezione calcolata a fondo linea considerando la sommatoria delle impedenze di protezione a monte del tratto in esame.

I_{int} = corrente di corto circuito necessaria per provocare l'intervento della protezione entro 5 secondi o nei tempi previsti dalle tabelle CEI 64.8/4 - 41A, 41B e 48A, (valore rilevato dalla curva I^2t della protezione) o, infine, il valore di intervento differenziale.

2.8. Lunghezza max

Lunghezza massima determinata oltre che dalla lunghezza massima per guasto a terra, anche dalla corrente di corto circuito a fondo linea (se richiesta la verifica) e dalla caduta di tensione a fondo linea.

2.9. Lettura tabelle riepilogative

2.9.1. Dati relativi alla linea

Sigla = identificativo alfanumerico introdotto nello schema

Sezione = formazione e sezione della conduttura

es.: 4X50+PE16 per cavo di neutro = cavo di fase

es.: 2Fj+1Nh+PEg per cavo di neutro diverso dal cavo di fase o con cavi

fase (F), neutro (N), protezione (PE) in parallelo (1F, 2F, 3F ecc.). (la lettera minuscola indica la sezione)

Lunghezza = lunghezza della conduttura

2.10. Modalità di posa

2.10.1. Secondo Tabelle UNEL 35024/70

- Stringa codificata di quattro elementi (es.115/01-01/30/1)
- Tipo isolante (115 = PVC, 135 = Gomma G2, 143 = EPR)
- Colonne portate/modo (vedere tabella nella pagina successiva)
- Temperatura di esercizio
- Coefficiente correttivo di portata

2.10.2. Secondo Rapporto CENELEC RO 64-001 1991

- Stringa codificata di quattro elementi es.115/A2 2/30/1
- Tipo isolante (115 = PVC, 143 = EPR)
- Rif. metodo d'installazione _Rif. tipo di posa secondo CEI 64-8 (vedere tabelle dei paragrafi 4.2.2 e 4.2.3)
- Temperatura di esercizio
- Coefficiente correttivo di portata

2.10.3. Secondo Tabelle UNEL 35024/1

- Stringa codificata di quattro elementi es.115/1U 2/30/1
- Tipo isolante (115 = PVC, 143 = EPR)
- Rif. metodo d'installazione _Rif. tipo di posa secondo CEI 64-8
- Temperatura di esercizio
- Coefficiente correttivo di portata

2.10.4. Dati relativi alla protezione (letti da archivio apparecchiature)

- tipo e curva = Stringa di testo del tipo di apparecchiatura
- numero dei poli = Poli dell'apparecchiatura
- corrente nominale (I_n) = Corrente di taratura della protezione
- potere di interruzione (P.d.I.) = Potere di interruzione della apparecchiatura

- corrente differenziale (I_d) = Corrente differenziale della protezione
- corrente di intervento = Corrente di intervento della protezione

2.10.5. Parametri elettrici

- $I^2t \leq K^2S^2$ (valori calcolati o letti sull'archivio apparecchiature)
- $I_{cc\ max}$ a fondo linea = Corrente di corto circuito massima a fine linea lgt fase/protezione a fondo linea = Corrente di corto circuito minima a fondo linea
- I^2t inizio linea = Energia specifica passante massima ad inizio linea
- I^2t fondo linea = Energia specifica passante massima a fondo linea
- K^2S^2 = Energia specifica passante sopportata dalla conduttura
- I_b = Corrente nominale del carico
- I_n = Corrente di taratura (nominale) della protezione
- I_z = Portata della conduttura
- I_f = Corrente di funzionamento della protezione
- Caduta di Tensione con I_b = Caduta di tensione con la corrente del carico
- Caduta di Tensione con I_n = Caduta di tensione con la corrente di taratura
- Lunghezza max protetta per g.t. = Lunghezza massima della conduttura per avere un valore di corto circuito tra fase e protezione tale da garantire l'apertura automatica dell'organo di protezione entro i 5 secondi, o secondo la tabella CEI 64.8/4 - 41A
- Lunghezza max = Lunghezza massima della conduttura per avere un valore di corto circuito tra fase e protezione tale da garantire l'apertura automatica dell'organo di protezione entro i 5 secondi, o secondo la tabella CEI 64.8/4 - 41A, per avere un corto circuito Trifase / Fase - Fase / Fase - Neutro superiore alla corrente di intervento della protezione (se richiesta la verifica), per avere una caduta di tensione inferiore al valore massimo impostato.

2.11. Dimensionamento canaline e tubi

Le dimensioni interne dei tubi protettivi e/o dei canali metallici a sezione diversa da quella circolare dopo la messa in opera, devono essere tali da permettere di infilare e tirare agevolmente i cavi. La norma CEI 64-8 raccomanda pertanto che sia garantita la sfilabilità dei cavi. A tal fine il diametro interno dei tubi protettivi di forma

circolare deve essere almeno 1,5 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che devono contenere con un minimo di 16 mm. Per quanto concerne i canali e le passerelle a sezione diversa dalla circolare la norma CEI 64-8 consiglia che il rapporto tra la sezione stessa e l'area della sezione retta occupata dai cavi non sia inferiore al 50%.

3. DESCRIZIONE DELLE LINEE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA

Gli interventi consistono nella realizzazione degli impianti di illuminazione a servizio delle rotonde e degli svincoli meglio identificati al capitolo 1 della presente relazione.

A tale scopo l'impianto di illuminazione interesserà:

- Le corsie e le rampe di entrata e uscita dei 3 svincoli oggetto dell'intervento;
- I rami per la connessione alla viabilità delle 15 rotonde oggetto dell'intervento;
- L'illuminazione permanente del sottopasso Ca di David.

Per ogni impianto di illuminazione avremo:

- Collegamento dell'alimentazione generale al punto di consegna QIG"n°";
- Quadro elettrico generale di bassa tensione Q"n°";
- Regolatore di flusso luminoso;
- Interruttore crepuscolare;
- Interruttore orario digitale a 2 canali;
- Sistema di distribuzione dell'energia elettrica;
- Sistema di messa a terra per la protezione dai contatti indiretti;
- Centri luminosi costituiti da pozzetti, basamenti, pali, sbracci, e apparecchi di illuminazione.

Per l'alimentazione di tutte le apparecchiature elettriche, è previsto un punto di consegna in Bassa Tensione dell'energia elettrica per ogni singola rotonda e per ogni singolo svincolo oggetto della presente relazione.

La fornitura di energia elettrica sarà in bassa tensione a 400 V, frequenza 50 Hz, sistema TT trifase + neutro con potenza adeguata al carico installato.

L'impianto di distribuzione a valle del quadro elettrico generale Q"n° è previsto con circuiti indipendenti ciascuno destinato a una zona della rotonda o dello svincolo.

Il dettaglio e la suddivisione dei circuiti previsti per ogni svincolo e ogni rotonda sono presenti negli schemi elettrici allegati al presente progetto.

Per quanto riguarda i cavi di alimentazione delle suddette linee, la tipologia utilizzata è costituita da cavi unipolari flessibili in alluminio con isolamento in gomma ARG16M16 in CPR non propagante l'incendio a norme CEI 20-22. La posa avverrà entro tubazioni PVC interrata in cavidotto.

Per l'esecuzione di quest'ultimo si dovranno prevedere:

- scavo a sezione obbligata;
- strato di fondo in sabbia di 10 cm;
- tubazione in PVC rigido pesante diam. 110 mm circa, per intero, con sellette di supporto;
- bauletto protettivo superiore in cls di spessore di 10 cm;
- rinterro con materiale di risulta e - a metà quota - posa di nastro o rete isolante di individuazione.

Per i percorsi comuni a più circuiti i conduttori potranno essere posati in un'unica tubazione, rispettando sempre le condizioni di sfilabilità dei cavi stessi secondo quanto descritto al precedente capitolo.

Il tracciato del tubo protettivo interrato dovrà essere tale da consentire un andamento rettilineo orizzontale; le curve dovranno essere effettuate con accessori idonei che non dovranno danneggiare i cavi in esse posati.

Per eventuali attraversamenti stradali e da prevedere una profondità di installazione del cavidotto non inferiore a 1 m. Alle estremità di tali attraversamenti sarà prevista una profondità maggiorata per i pozzetti fino a 1,2 m.

Le eventuali giunzioni effettuate nei pozzetti devono comunque garantire un grado di protezione non inferiore ad IP57.

La Selettività tra i vari circuiti è stata realizzata adottando una selettività di tipo amperometrica-energetica (sovraccarico e contatti indiretti).

La selettività differenziale tra i vari circuiti non è stata prevista in quanto i corpi illuminanti e gli stessi Quadri Elettrici sono apparecchi in classe II, detti anche a doppio isolamento, sono progettati in modo da non richiedere (e pertanto non necessitano di avere) la connessione della messa a terra. Sono costruiti in modo che un singolo guasto non possa causare il contatto con tensioni pericolose da parte dell'utilizzatore.

In ogni caso, a vantaggio della sicurezza, è stato previsto un interruttore magnetotermico-differenziale, con $I_d = 300 \text{ mA}$ come interruttore generale nei Quadri Elettrici di partenza denominati QIG"n°".

Per i sovraccarichi sulle linee in uscita dai quadri QIG"n°", la selettività tra l'interruttore generale BT (istantaneo) e gli interruttori a protezione di tali linee (istantanei) è garantita dal loro costruttore (selettività amperometrica).

Per i cortocircuiti sulle linee in uscita dai quadri QIG^{n°}, la selettività tra l'interruttore generale BT (istantaneo) e gli interruttori a protezione di tali linee (istantanei) è garantita dal loro costruttore (selettività energetica).

In particolare tutti gli interruttori automatici sono stati dimensionati e coordinati (corrente I_{tr} e I_{mg}t), in modo tale che, partendo dall'Interruttore Generale dei Quadri Elettrici di partenza QIG^{n°} e proseguendo a cascata con i vari Interruttori Generali dei singoli circuiti, in caso di guasto dovuto a sovraccarico, contatto indiretto o contatto diretto localizzato in circuito specifico, interverrà l'interruttore automatico a protezione di quel circuito.

Come detto in precedenza le apparecchiature di illuminazione degli svincoli sono in classe II, dunque non necessitano di collegamento alla messa a terra.

Per ogni singolo quadro elettrico, sempre in favore della sicurezza dei circuiti, a protezione contro le scariche atmosferiche è stata prevista l'installazione di uno scaricatore SPD che sarà collegato direttamente Dispersore dell'Impianto di Terra (posto nelle immediate vicinanze del quadro stesso) costituito da un picchetto da 1,5 mt infisso nel terreno e posto in apposito pozzetto.

3.1. Giunzioni

Le giunzioni delle linee dorsali, quando necessarie, sono realizzate esclusivamente in pozzetto e sono costruite in maniera perfetta per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori. La giunzione è realizzata con morsetto a pressione tipo C crimpato con pinza oleodinamica provvista delle matrici adeguate alle sezioni del cavo, rivestita con nastro isolante in PVC con almeno due passate, successivamente con almeno 3-4 passate di nastro autoagglomerante e come finitura nuovamente con due passate di nastro in PVC. A completamento la giunzione è ricoperta con resina epossidica. A lavoro finito la giunzione deve risultare meccanicamente salda, non deve essere evidente la forma del morsetto utilizzato per la connessione, con i cavi ben distanziati tra di loro e mai affiancati. In ogni caso le giunte devono essere rispondenti alle norme vigenti e risultare in classe di isolamento II.

3.2. Derivazioni verso le armature stradali

La derivazione dalla linea dorsale verso le armature stradali è realizzata nella morsettiera posta all'interno della cassetta di derivazione montata sul palo. Sono previste cassette di derivazione in vetroresina, con grado di protezione IP 44 secondo CEI EN 60529 e IK 10 secondo CEI EN 50102, idonee per la realizzazione di impianti in classe II, dotate di morsettiera quadripolare con tensione di isolamento 450 V - corrente 80 A max, portafusibile

per fusibile a cartuccia mm 10x38. I fusibili da utilizzare sono 1 A per armature con potenza sino a 170W e fusibili da 2 A per armature con potenze superiori.

4. APPARECCHI ILLUMINANTI

4.1. Tipologia apparecchi

La scelta di utilizzare apparecchi a LED prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico.

Nella progettazione illuminotecnica si è cercato, per quanto possibile, di:

- non illuminare aree non destinate alla circolazione stradale;
- non superare di molto i limiti minimi imposti dalla norma UNI.

Le esatte caratteristiche dei corpi illuminanti installati in ogni singola zona del progetto sono riportate nelle apposite tavole grafiche allegate.

4.2. Montaggio

Tutti i corpi illuminanti montati su pali stradali sono installati con asse fotometrico principale perpendicolare al piano stradale (tilt = 0°).

Tutti i corpi illuminanti presenti nel sottopasso denominato "Ca di David" sono installati su sistema di sospensione pressopiegata realizzata in profilato di acciaio inox del tipo asolato e sono montati con un orientamento tilt = 10° dell'asse fotometrico principale rispetto all'asse centrale del piano stradale.

Il montaggio del corpo illuminante ed il cablaggio elettrico deve essere seguito in conformità con quanto riportato nella documentazione del costruttore.

4.3. Regolazione del flusso luminoso e gestione da remoto

Il sistema di regolazione previsto per gli impianti di illuminazione stradale è del tipo punto-punto ad onde radio con telecontrollo.

Il sistema di regolazione è basato sui seguenti componenti principali:

- Interruttore orario e sensore crepuscolare per l'accensione dell'impianto.

- Modulo di gestione ad onde radio: modulo per il sistema di controllo dei punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale ad onde radio tra quadro e singoli moduli palo.
- Contattori per interrompere l'alimentazione dei circuiti di illuminazione nel periodo diurno (in tal modo si elimina qualsiasi assorbimento da parte dei circuiti di illuminazione).

Il sistema di telegestione è basato sui seguenti componenti:

- Modulo per acquisizione misure quadro e gestione comunicazione remota: questo modulo raccoglie e registra le informazioni acquisite ed effettua le misure dei principali parametri elettrici della linea di alimentazione, recepisce i segnali in modalità wireless (tensione, corrente, fattore di potenza, frequenza, potenza, energia, eventuali guasti oltre allo stato degli interruttori e dei contattori) e trasmette tutte queste informazioni al centro di controllo tramite modem GSM/GPRS. Il modulo deve essere anche completo di display per la visualizzazione sul posto di tutte le grandezze elettriche rilevate. Il sistema è corredato di apposito SW per il setup e per la regolazione dell'impianto.

Le funzionalità messe a disposizione dal SW sono:

- Polling continuo delle misure per verificare lo stato lampada (acceso/spento) e lo stato del ricevitore (comunica/non comunica).
- Scenografie per la configurazione e la gestione degli scenari di illuminazione ad orario o ad evento (intervento del crepuscolare).
- Polling raccolta min. consumo per la raccolta delle informazioni relative al livello percentuale di dimmerazione di ogni corpo illuminante.
- Polling raccolta misure dei moduli in campo.
- Gestione allarmi per la configurazione delle chiamate da effettuare in caso di allarme.
- Lettura/Scrittura da file delle configurazioni.
- Comunicazione diretta con i ricevitori per lettura/scrittura configurazione, inizializzazione, livello di dimming.
- Test di comunicazione con corpo illuminante.

Il sistema di regolazione descritto permette di:

- Regolare il flusso luminoso degli apparecchi tra 0% e 100%.

- Regolare il flusso luminoso dell'impianto in funzione delle condizioni ambientali esterne (crepuscolare) e delle condizioni di uso.
- Compensare l'invecchiamento degli apparecchi e la riduzione prestazionale dovuta alla sporcizia tra una operazione di manutenzione e l'altra.
- Comandare in modo autonomo e indipendente, attraverso un unico indirizzo, ogni corpo illuminante: con tale sistema non si possono presentare condizioni di avaria degli impianti con un solo regolatore, le condizioni di malfunzionamento locale sono registrate e gestite dal SW di controllo.

Ipotizzando un numero di ore di accensione medie di 4200 ore annue, per 365 gg/anno, si hanno 11:30 ore di accensioni giornaliere medie. S'impone un periodo di riduzione di flusso del 30% che può essere regolato a seconda del periodo invernale o estivo. Nel primo caso, a partire dalle ore 22:00 del giorno precedente con termine alle ore 6:00 del giorno successivo, ricavando una riduzione teorica giornaliera pari a 8,00 ore/gg. Nel secondo caso, dalle ore 24:00 del giorno precedente alle ore 5:00 del giorno successivo, con una riduzione teorica giornaliera pari a 5,00 ore/gg.

Gli intervalli di dimmerazione saranno pertanto i seguenti:

intervallo di riduzione del flusso: 22:00–6:00 con le seguenti

- ore annue di funzionamento a piena potenza: 1.242 ore 54 minuti
- ore annue di funzionamento potenza ridotta: 2.867 ore 11 minuti

intervallo di riduzione del flusso: 24:00–5:00 con le seguenti

- ore annue di funzionamento a piena potenza: 2.285 ore 5 minuti
- ore annue di funzionamento potenza ridotta: 1.825 ore 0 minuti

Queste impostazioni, chiaramente, possono essere variate secondo profili programmabili e automatizzati.

5. SOSTEGNI

5.1. Tipologia

I pali utilizzati per il sostegno dei corpi illuminanti sono completi delle seguenti lavorazioni eseguite e certificate dal costruttore:

- asola per l'ingresso dei conduttori di alimentazione posta a circa 300 mm dal piano di interramento;
- asola portamorsettiera (morsettiera in Classe II) completa di portello.

I pali sono inseriti nel foro del basamento opportunamente predisposto. Lo spazio tra foro del basamento e palo è

riempito, fino a circa 4 cm dal piano del basamento, con sabbia grossa debitamente bagnata e compressa fino a non lasciare nessun interstizio. La rimanente parte è riempita con malta antiritiro. La posa del palo è completata con collarino in cls con gli spigoli opportunamente smussati per favorire il rapido allontanamento delle acque. L'Altezza dei pali utilizzati è meglio specificata negli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

5.2. Basamenti

L'ancoraggio dei pali è realizzato attraverso la posa in opera di idonei basamenti di fondazione.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale.

Nel plinto dovranno essere ricavati:

- Un pozzetto ispezionabile con fori laterali per l'innesto dei cavidotti;
- Un foro disperdente alla base;
- Fori passacavi;

- Foro per alloggiamento del palo.

La parte superiore dei basamenti di fondazione, su terreno naturale, è a giorno, ben levigata e squadrata, salvo diverse disposizioni impartite dalla direzione lavori; per le zone in rilevato, la profilatura della scarpata deve essere concordata con la direzione lavori.

I basamenti sono completi di apposito foro per la collocazione del palo e il raccordo al pozzetto di derivazione.

5.3. Posa dei pali

Le quote di infilaggio del palo all'interno del basamento, dei fori porta morsettiere e quant'altro indicato nelle schede tecniche del costruttore devono essere tassativamente rispettate.

Se non diversamente specificato negli elaborati grafici, il palo è orientato in modo tale che l'asse di simmetria longitudinale del corpo illuminante che sostiene sia perpendicolare all'asse della corsia ad esso adiacente.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza minima di 3 m dal bordo della carreggiata in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli. Tale distanza elimina anche eventuali interferenze con i guardrail posti a protezione del margine stradale e permette l'accesso al pozzetto di derivazione elettrica posto alla base del palo; l'esatta distanza dalla barriera di protezione deve essere determinata in funzione del livello di larghezza operativa (W) espressa in metri.

Particolare attenzione deve essere posta nel posizionamento del palo sulla sezione trasversale, infatti, corpi illuminanti mal posizionati potrebbero portare a condizioni di illuminazione diverse da quelle calcolate nel progetto illuminotecnico. Per l'esatto posizionamento planimetrico e la quota di installazione dei corpi illuminanti si faccia riferimento alla apposita tavola grafica allegata.

E' cura della direzione lavori verificare che eventuali alberature di qualsiasi tipo non vanifichino l'illuminamento occorrente.

6. DESCRIZIONE DEI QUADRI ELETTRICI

Il punto di consegna di ogni rotatoria e di ogni svincolo, è indicato nelle planimetrie di progetto dove, inoltre, sono rappresentati i pertinenti quadri elettrici QIG"n°".

L'interruttore generale di ogni impianto è previsto all'interno del QIG"n°" a valle del contatore del Distributore. Tale interruttore sarà del tipo automatico modulare dotato di sistema di riarmo automatico permettendo così il ripristino del funzionamento senza intervento da parte del personale di manutenzione in caso di guasti transitori.

I suddetti quadri elettrici saranno installati all'interno di armadi stradali a singolo scomparto, al cui interno troverà posto anche il punto di consegna di energia.

A lato di ognuno dei suddetti armadi stradali dovrà essere installato un secondo armadio di analoghe caratteristiche, atto al contenimento dei quadri elettrici di comando/protezione/sezionamento. Tali quadri elettrici prenderanno rispettivamente la nomenclatura di Q1/Q2/Q.../ Q“n°”.

Ognuno dei suddetti quadri elettrici sarà costituito da armadio con grado di protezione non inferiore a IP55 in materiale sintetico come poliestere rinforzato con fibre di vetro (non metallico) completo di serratura agibile mediante chiave di sicurezza, prese d'aria anteriori e sottotetto.

La posa per ogni quadro avverrà su zoccolo, anch'esso in vetroresina, fissato a plinto di fondazione sporgente di 20 cm circa dalla quota della pavimentazione. All'interno del basamento occorrerà prevedere un foro rettangolare per il passaggio dei cavi ed all'esterno, contiguo lateralmente, un pozzetto di calcestruzzo senza fondo, per lo smistamento dei cavi in arrivo ed in uscita dal quadro.

L'equipaggiamento del quadro comprenderà:

- Sezionatore generale;
- Regolatore di flusso luminoso ad onde radio: tale sistema, attraverso un gestore delle onde radio installato su ogni quadro, consente una comunicazione verso le apparecchiature installate in campo (a bordo di ogni singolo apparecchio illuminante), con l'obiettivo di gestire e controllare il flusso luminoso emesso da ogni apparecchio illuminante, secondo configurazioni di funzionamento pre impostate.
- per le linee in uscita, interruttori magnetotermici con curva d'intervento di tipo C;
- per il circuito ausiliario, interruttore magnetotermico differenziale 30 mA istantaneo;
- interruttore orario, sensore crepuscolare, commutatori di by-pass e contattori per inserzione e disinserzione delle linee che costituiscono l'impianto.

Per le verifiche di sovratemperatura dei quadri elettrici si dovrà considerare una temperatura ambiente massima di 40 °C ed una Temperatura massima interna (sulla parte superiore della carpenteria metallica) di 55 °C.

Ogni Quadro Elettrico dovrà essere dotato di morsettiera in entrata ed uscita dei circuiti elettrici che compongono l'Impianto Elettrico.

7. DESCRIZIONE DEL CAVO DELL'ALIMENTAZIONE DEI CARICHI

Tutti i collegamenti dei vari carichi elettrici verranno effettuati con i nuovi cavi CPR in Alluminio ARG16M16 0,6/1 kV, ovvero con cavi bassa emissione fumi, gas tossici e corrosivi non propaganti l'incendio in alluminio.

7.1. Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : : 0,6/1 kV;
- Temperatura massima di esercizio: 90°C;
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);
- Temperatura minima di posa: 0°C;
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C fino alla sezione 240 mm², oltre 220°C;
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²;
- Raggio minimo di curvatura: 6 volte il diametro esterno massimo

7.2. Caratteristiche particolari

Buona resistenza agli oli e ai grassi industriali. Buon comportamento alle basse temperature.

7.3. Condizioni di impiego

Cavo utilizzabile per il trasporto di energia sia nell'edilizia industriale e sia in quella residenziale. Particolarmente indicato in luoghi a rischio d'incendio e con elevata presenza di persone quali uffici, scuole, supermercati, cinema, teatri, discoteche ecc..

Adatti per ambienti interni (anche bagnati) o all'esterno, per posa fissa su murature e strutture metalliche; ammessa anche la posa interrata. (rif. CEI 20-67).

7.4. Caratteristiche costruttive



CONDUTTORE

Materiale: Alluminio, formazione flessibile, classe 2



ISOLAMENTO

Materiale: Hepr qualità G16



RIEMPITIVO

Materiale: termoplastico LSOH (*Low Smoke Zero Halogen*), penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari)



GUAINA

Materiale: Termoplastico LSOH, qualità M16
Colore: Verde o grigio

8. CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Di seguito si espongono le principali norme di riferimento alle quali si è fatto riferimento al fine di determinare i criteri e i valori necessari per classificare le zone da illuminare, rispetto al progetto definitivo il quadro normativo è da intendersi sostanzialmente immutato:

- UNI 11248 "Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche";
- UNI EN 13201-2 "Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali";
- UNI EN 13201-3 "Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni";
- UNI EN 13201-4 "Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche";
- UNI 10819 "Illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso".

8.1. Ipotesi progettuali e scelta della categoria illuminotecnica

Qui di seguito vengono quindi riportati i principali requisiti per la determinazione della categoria illuminotecnica a cui appartiene la zona in esame.

La categoria illuminotecnica è stata scelta al fine di soddisfare le seguenti esigenze fondamentali:

- Un adeguato illuminamento, nonché luminanza media dell'area in modo tale che essa sia riconoscibile dal guidatore e che venga realizzato un sufficiente contrasto fra possibili ostacoli e sfondo;
- L'uniformità dell'illuminamento e della luminanza dell'area al fine di assicurare che in ogni punto ci sia il suddetto contrasto con gli oggetti da individuare;
- Un'emissione nulla verso l'alto nel rispetto dell'inquinamento luminoso;
- La limitazione dell'abbagliamento da parte dei centri luminosi. La disposizione planimetrica dei centri luminosi deve fornire una buona guida ottica e segnalare eventuali variazioni del normale tracciato (incroci, curve, ecc.). I principali parametri che caratterizzano l'ambiente luminoso in relazione alla luce artificiale e a quella diurna sono:
 - Distribuzione delle luminanze;
 - Illuminamento e uniformità;
 - Direzione della luce, illuminazione dello spazio interno;
 - Variabilità della luce (livelli e colore della luce);
 - Resa dei colori e l'apparenza del colore della luce;
 - Abbagliamento;
 - Sfarfallamento.

La modalità di illuminare le strade deriva dall'applicazione della norma tecnica UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale: Selezione delle categorie illuminotecniche", preposta alla definizione delle caratteristiche prestazionali degli impianti di illuminazione stradale, insieme al resto del quadro normativo (UNI EN 13201-2-3-4).

Le principali categorie illuminotecniche indicate dalla norma UNI EN 1320-2 (Requisiti prestazionali e individuazione categorie illuminotecniche) sono:

- le categorie M, basate sulla luminanza (cd/m^2) della superficie della strada;
- le categorie C e P, basate sull'illuminamento (lx) delle superfici stradali.

Le categorie M sono basate sul metodo CIE di calcolo della luminanza e si applicano nelle strade con velocità di marcia medio/alte ($\geq 30 \text{ km/h}$).

Le categorie C e P sono basate sul metodo di calcolo dell'illuminamento e sono utilizzate entrambe per strade urbane, strade pedonali, aree di parcheggio, "zone di conflitto", corsie di emergenza, piste ciclabili. In particolare la categoria C, riguarda soprattutto le "zone di conflitto" quali rotonde, incroci, ecc.

8.2. Identificazioni delle zone di studio

8.2.1. Strade, svincoli, rotonde e piste ciclabili

Per definire i requisiti fotometrici dell'impianto di illuminazione di una strada occorre:

- suddividere la strada in uno o più tratti omogenei, dette "zone di studio";
- individuare, per ogni zona di studio, la categoria illuminotecnica di progetto.

Le zone di studio vengono individuate in base norma UNI 11248. In dettaglio, si considerano zone oggetto di intervento, per tutte le aree, le seguenti:

- la strada di immissione/uscita svincolo;
- la strada di collegamento svincolo/rotonda;
- le zone di immissione/uscita svincolo;
- le intersezioni a rotonda;
- gli itinerari ciclo-pedonali.

Il prospetto 1 della norma UNI 11248, esplicita la classificazione delle strade secondo la normativa vigente ed associa, a ciascuna di queste, una categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi.

Nel caso in esame, l'asse stradale viene adeguato ad una strada extraurbana secondaria di tipo "C" con limite di velocità pari a 50 km/h, per cui la categoria illuminotecnica di ingresso associata è M3, come di seguito evidenziato.

Di seguito si riporta un riepilogo delle categorie illuminotecniche utilizzate per i calcoli del presente progetto:

- Strada di immissione/uscita svincolo: M3 (luminanza media = 1 cd/m²; uniformità generale U₀=0.4; uniformità longitudinale UI=0.6);
- Strada di collegamento svincolo/rotatoria: M3 (*) (luminanza media = 1 cd/m²; uniformità generale U₀=0.4; uniformità longitudinale UI=0.6);
- Zona di immissione/uscita svincolo: M3 (*) (luminanza media = 1 cd/m²; uniformità generale U₀=0.4; uniformità longitudinale UI=0.6);
- Intersezioni a rotatoria: C2 (illuminamento medio E_{med} = 20 lx; uniformità generale U₀=0.4);
- Itinerari ciclo-pedonali: P2 (illuminamento medio E_{med} = 10 lx; E_{min} = 2 lx).

(*) Come categoria di progetto è stata utilizzata la M3 sia per le "strade di collegamento svincolo/rotatoria" che per la "zona di immissione/uscita rotatoria", categoria illuminotecnica alternativamente ipotizzabile a quella C3. Resta inteso che, per le due zone sopra menzionate, oltre al rispetto dei parametri imposti dalla categoria M3, si è provveduto a verificare che venissero rispettati anche i parametri di illuminamento medio e di uniformità presenti nella categoria C3 (illuminamento medio E_{med} = 15 lx; uniformità generale U₀=0.4).

Le pertinenti categorie illuminotecniche d'esercizio vengono determinate sulla valutazione dei requisiti prestazionali che l'impianto dovrà garantire in uno specifico istante della sua vita o in una definita e prevista condizione operativa. In pratica, in relazione al variare nel tempo dei parametri di influenza (come ad es. in ambito stradale, il variare dei flussi di traffico durante la giornata o durante l'anno) si individuano diverse categorie di esercizio, maggiori o minori della categoria di progetto. Nel caso di specie, in funzione delle informazioni in possesso, la classe illuminotecnica di progetto corrisponde alla classe illuminotecnica di esercizio i cui parametri non variano rispetto alle condizioni progettuali.

8.2.2. Sottopasso

Nel progetto è presente un sottopasso meglio identificato negli elaborati progettuali con il nome di “Sottopasso Ca di David”. Il dimensionamento dell’impianto di illuminazione a servizio del sottopasso necessita di avere tutta una serie di caratteristiche generali del contesto ambientale in cui è situato il sottopasso stesso, è più nello specifico le proprietà riflettenti delle superfici.

Si è proceduto al calcolo illuminotecnico utilizzando i parametri indicati dalle normative:

- per le corsie e le banchine si utilizzano i dati del prospetto B.3 della norma UNI 11248:2016 (coefficienti ridotti di luminanza r della pavimentazione di classe C2) con coefficiente medio di luminanza Q_0 pari a $0,056 \text{ sr}^{-1}$;
- per le pareti e le altre superfici verticali si considera una riflessione di tipo diffondente lambertiana con riflettanza $\rho = 0,40$;
- per i marciapiedi e le altre superfici calpestabili si considera una riflessione di tipo diffondente lambertiana con riflettanza $\rho = 0,20$ se realizzati con lo stesso materiale della carreggiata o $\rho = 0,30$ se realizzati con calcestruzzo chiaro o piastrellati.

Trattandosi di una strada a doppia corsia e considerando che la medesima strada (sia in ingresso che in uscita dal sottopasso) è stata classificata come categoria M3, ne è risultato che l'illuminazione permanente deve avere un valore pari a 2 cd/m^2 .

8.3. Calcolo e risultati illuminotecnici

Il calcolo è sviluppato considerando sia le ipotesi progettuali e sia i parametri illuminotecnici identificati nei precedenti paragrafi. I risultati di calcolo sono riportati all'interno dell'Allegato "Calcoli illuminotecnici impianti".

9. LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi applicabili alla progettazione degli impianti di illuminazione.

Le principali norme applicabili sono:

- Legge regionale del Veneto 07 agosto 2009, n. 17 - Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici
- UNI EN 40-5:2003 Pali per illuminazione pubblica - Requisiti per pali per illuminazione pubblica di acciaio
- UNI EN 40-3-3:2013 Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica – Verifica mediante calcolo
- UNI EN 40-2:2004 Pali per illuminazione pubblica - Parte 2: Requisiti generali e dimensioni

- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI 10819:2021 Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna – grandezze illuminotecniche e procedure di calcolo per la valutazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso
- UNI EN 13201 – 2 – 2016 – Illuminazione stradale – Parte 2 – Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201 – 3 – 2016 – Illuminazione stradale – Parte 3 – Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201 – 4 – 2016 – Illuminazione stradale – Parte 4 – Metodi delle misurazioni delle prestazioni fotometriche
- UNI EN 13201 – 5 – 2016 – Illuminazione stradale – Parte 5 – Indicatori delle prestazioni energetiche
- UNI 11431 – Luce ed illuminazione – Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso
- EC 1 2016 UNI 11630:2016 – Luce ed illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico
- CEN/TR 13201 -1- 2014 – Road lighting –Part 1 – Guidelines on selection of lighting classes
- UNI 10819:1999 Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso
- CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- UNI EN 12464-2:2014 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- CIE 126:1997 Guidelines for minimizing sky glow
- CIE 136:2000 Guide to the Lighting of Urban Areas
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto
- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI del CT3 - Documentazione e Segni Grafici. Tutti i fascicoli in vigore
- CEI 8-6 Tensioni nominali dei sistemi elettrici di distribuzione pubblica a bassa tensione
- CEI 11-17:2011 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di corto circuiti nelle reti trifasi a corrente alternata
- CEI 11-26 Calcolo degli effetti delle correnti di corto circuito
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione
- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2) Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali)
- CEI del CT16 - Contrassegni dei terminali ed altre identificazioni: tutti i fascicoli in vigore

- CEI 16-2 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori
- CEI 16-4 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Individuazione dei conduttori tramite colori o codici alfanumerici
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi
- CEI 17-13/2 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre
- CEI 17-13/3 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD)
- CEI 17-13/4 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC)
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.) non di serie (ANS)
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al cortocircuito delle apparecchiature assiemate non di serie (ANS)
- CEI 17-70 Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione
- CEI 17-71 Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione". Prescrizioni generali
- CEI 20-13, 20-14, 20-19, 20-20, 20-22 II, 20-35, 20-36, 20-37, 20-38, 20-45, 20-65, relativamente ai vari tipi di cavi elettrici
- CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1: in regime permanente (fattore di carico 100%)
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi a 0,6/1 kV
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 64-7 Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie

- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale o terziario
- CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (Codice IP)
- Norme del CT 70 – involucri di protezione: tutti i fascicoli
- CEI 81-2 "Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini"
- CEI 81-10/1 Protezione contro i fulmini. Parte 1: principi generali
- CEI 81-10/2 Protezione contro i fulmini. Parte 2: valutazione del rischio
- CEI 81-10/3 Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI 81-10/4 Protezione contro i fulmini. Parte 4: impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
- CEI EN 60598-1:2009 Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove
- CEI EN 60598-2-3:2003 Apparecchi di illuminazione - Parte 2-3: Prescrizioni particolari - Apparecchi per illuminazione stradale
- CEI UNI 70029:1998 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza
- CEI UNI 70030:1998 Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- Tabelle CEI-UNEL 00721 Colori del rivestimento esterno dei cavi interrati
- Tabelle CEI-UNEL 00722 Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali U_0/U non superiori a 0,6/1 kV
- Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive - 2014/35/UE
- Direttiva RoHS/RoHS Directive - 2011/65/UE
- Norma/Standard - EN 50575:2014+A1:2016
- Classe/Low Voltage Directive - Cca-s1b, d1, a1
- Classificazione/Classification (CEI UNEL 35016) - EN 13501-6
- Emissione di calore e fumi durante lo sviluppo della fiamma - EN 50399
- Propagazione della fiamma verticale/Flame propagation - EN 60332-1-2
- Gas corrosivi e alogenidrici/Corrosive gases or halogens - EN 60754-2
- Densità dei fumi/Smoke density - EN 61034-2
- Organismo notificato/Notified body - CE – 0987