

**LAVORI DI COLLEGAMENTO TRA LA S.S.11 A MAGENTA E LA TANGENZIALE OVEST DI MILANO**

**VARIANTE DI ABBIATEGRASSO E ADEGUAMENTO IN SEDE DEL TRATTO ABBIATEGRASSO-VIGEVANO FINO AL PONTE SUL FIUME TICINO**

**1° STRALCIO DA MAGENTA A VIGEVANO - TRATTA C**

**PROGETTO ESECUTIVO - COD. MI608**

 <p><b>STUDIO CORONA</b></p>	 <p><b>Ing. Valerio Bajetti</b> Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</p>	<p><b>ING. RENATO DEL PRETE</b></p> <p><b>Ing. Renato Del Prete</b> Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</p>	 <p><b>Arch. Nicoletta Frattini</b> Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</p>	 <p><b>Ing. Gabriele Incecchi</b> Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</p>
	 <p><b>Ing. Renato Vaira</b> (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)</p>	 <p><b>Prof. Ing. Matteo Ranieri</b> Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</p>	 <p><b>Prof. Ing. Luigi Monterisi</b> Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</p>	 <p><b>Ing. Gioacchino Angarano</b> Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</p>
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p>  <p>Dott. Ing. Giuseppe Danilo MALGERI</p>	<p>INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p>  <p>Ing. Fabrizio BAJETTI</p>	<p>GEOLOGO</p>  <p>Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p>  <p>Ing. Gianluca CICIRIELLO</p>	

**M001**

**M - IMPIANTI TECNOLOGICI**  
**M0 - ELABORATI GENERALI**  
**RELAZIONE TECNICA GENERALE IMPIANTI**

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.</p> <p><b>LO203</b>      <b>E</b>      <b>2301</b></p>		<p>NOME FILE</p> <p>M001-T00IM00IMPRE01_A.dwg</p>		<p>REVISIONE</p> <p><b>A</b></p>	<p>SCALA:</p> <p>-----</p>
<p>CODICE ELAB.</p> <p><b>T00IM00IMPRE01</b></p>					
<b>C</b>					
<b>B</b>					
<b>A</b>	EMISSIONE	Ottobre 2023	ARCH. SOHEILA NEGARESTANI	ING. GAETANO RANIERI	ING. FABRIZIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
1.1	Generalità.....	3
1.2	Glossario.....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
3	PROGETTO ILLUMINOTECNICO.....	7
3.1	Descrizione.....	7
3.2	Generalità.....	8
3.3	Illuminazione delle intersezioni lineari a raso ed a rotatoria.....	9
3.3.1	Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso.....	9
3.3.4	Calcolo illuminotecnico.....	13
4	PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI.....	14
4.1	Dati di progetto.....	14
4.2	Impianto elettrico – scelte progettuali.....	14
4.2.1	Suddivisione dell’impianto.....	14
4.2.2	Sezione dei conduttori.....	15
4.2.2.1	Portata dei cavi.....	15
4.2.2.2	Caduta di tensione ammissibile.....	15
4.2.2.3	Sezioni minime dei conduttori.....	16
4.2.3	Tipi di condutture e relativi modi di posa.....	16
4.2.3.1	Scelta del tipo di conduttura e di posa.....	16
4.2.3.2	Dispositivi di protezione.....	16
4.2.3.3	Indipendenza dell’impianto elettrico.....	16
4.2.3.4	Accessibilità dei componenti elettrici.....	17
4.2.3.5	Scelta dei componenti elettrici.....	17
4.2.3.6	Protezione contro i contatti indiretti.....	17
4.2.3.7	Protezione contro i sovraccarichi.....	17
4.2.3.8	Protezione contro i corto circuiti.....	18
4.2.3.9	Protezione contro le ustioni.....	18
4.3	Distribuzione elettrica svincoli.....	18
4.4	Relazione di calcolo.....	18
5	SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE.....	19
5.1	Generalità.....	19
5.2	Sostegni.....	19
5.2.1	Tipologia.....	19
5.2.2	Basamenti.....	19
5.2.3	Posa dei pali.....	20
5.3	Apparecchi illuminanti.....	20
5.3.1	Tipologia apparecchi.....	20
5.3.2	Montaggio.....	21
5.4	Cavidotti.....	21
5.4.1	Tipo di posa.....	21
5.4.2	Pozzetti.....	21
5.5	Linee di alimentazione.....	22
5.5.1	Materiali costruttivi.....	22
5.5.2	Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione.....	22

5.5.3	Sfilabilità dei cavi.....	22
5.5.4	Giunzioni .....	22
5.5.5	Identificazione dei circuiti e delle fasi.....	23
5.5.6	Derivazioni verso le armature stradali.....	23
5.6	Impianto di terra.....	23
5.7	Quadri elettrici.....	23
5.7.1	Caratteristiche .....	23
6	ILLUMINAZIONE STRADALE – STRADA 1 CARREGGIATA larga fino a 7,5m .....	24
6.1	Caratteristiche stradali .....	24
6.2	Caratteristiche prestazionali raccomandate per l'impianto di illuminazione .....	24
6.3	Caratteristiche e prestazioni impianto di illuminazione .....	24
7	ILLUMINAZIONE STRADALE – STRADA 2 CARREGGIATA larga fino a 15m .....	25
7.1	Caratteristiche stradali .....	25
7.2	Caratteristiche prestazionali raccomandate per l'impianto di illuminazione .....	25
7.3	Caratteristiche e prestazioni impianto di illuminazione .....	25
8	ILLUMINAZIONE STRADALE – Rotatoria 2 pali .....	26
8.1	Caratteristiche stradali .....	26
8.2	Caratteristiche prestazionali raccomandate per l'impianto di illuminazione .....	26
8.3	Caratteristiche e prestazioni impianto di illuminazione .....	26
9	ILLUMINAZIONE STRADALE – Rotatorie 3 pali .....	27
9.1	Caratteristiche stradali .....	27
9.2	Caratteristiche prestazionali raccomandate per l'impianto di illuminazione .....	27
9.3	Caratteristiche e prestazioni impianto di illuminazione .....	27
10	ILLUMINAZIONE STRADALE – Rotatorie 4 pali .....	28
10.1	Caratteristiche stradali.....	28
10.2	Caratteristiche prestazionali raccomandate per l'impianto di illuminazione .....	28
10.3	Caratteristiche e prestazioni impianto di illuminazione.....	28
11	CARATTERISTICHE APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE IMPIEGATI.....	29
11.1	Caratteristiche armature stradali:.....	29

## 1 PREMESSA

### 1.1 GENERALITÀ

Questo documento costituisce la relazione tecnica relativa alla progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione relativi all'intervento al collegamento stradale tra la S.S. N°11 "PADANA SUPERIORE" a Magenta e la tangenziale ovest di Milano.

TRATTA C: ALBAIRATE – OZZERO.

Nella progettazione esecutiva 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.
- rispetto degli standard aziendali.

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.

### 1.2 GLOSSARIO

Di seguito si riporta il significato di acronimi e/o di altri nomi tecnici utilizzati in questo documento.

Acronimo	Descrizione
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
CIE	International Commission on Illumination
LED	Light Emitting Diode
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

Le principali norme applicabili sono:

- 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 EN 12464-2:2014 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- 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 di misurazione delle prestazioni fotometriche.
- 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
- 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, 20-45, 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<sub>o</sub>/U non superiori a 0,6/1 kV.
- CEI UNEL 35016 – "Classi di reazione al fuoco dei cavi elettrici" in relazione al Regolamento UE 305/2011.

Le principali disposizioni legislative applicabili sono:



- Direttiva Presidenza Consiglio Ministri 3/3/99 "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici";
- DM 21 Marzo 1988, n°449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne";
- DM 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".
- DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- DPR 495/92 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- Legge n° 186 del 01.03.1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici costruiti "a regola d'arte".
- Legge n° 791 del 18.01.1977 Attuazione della Direttiva n° 73/23/CEE (abrogata dalla Direttiva n° 2006/95/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere impiegato entro alcuni limiti di tensione.
- Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" • D.lgs 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i. - Nuovo codice della strada
- D.lgs. n°81/2008 e s.m.i. "Testo Unico sulla Sicurezza".
- D.Lgs.16 Giugno 2017, n°106 – "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE".
- Legge regionale n. 31 del 05/10/2015 della Regione Lombardia "Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso."

Le direttive applicabili sono

- 2006/95/CE Direttiva Bassa Tensione.
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica esterna e di lotta all'inquinamento luminoso.

### 3 PROGETTO ILLUMINOTECNICO

#### 3.1 DESCRIZIONE

La necessità dell'impianto di illuminazione stradale in corrispondenza degli svincoli è indicata dal D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale, al punto 6 dell'allegato, prescrive che: l'illuminazione delle intersezioni stradali deve essere sempre prevista nei seguenti casi:

- Nodi di Tipo 1: intersezioni a livelli sfalsati con eventuali manovre di scambio (svincolo)
- Nodi di Tipo 2: Intersezioni a livelli sfalsati con manovre di scambio o incroci a raso

Per i Nodi di Tipo 3 (intersezioni a raso) l'illuminazione deve essere realizzata nei casi in cui si accerti la ricorrenza di particolari condizioni ambientali locali, invalidanti ai fini della corretta percezione degli ostacoli, come la presenza di nebbia o foschia (non presenti negli svincoli in progetto).

La tipologia dei nodi è definita nella figura dell'allegato qui di seguito riportata

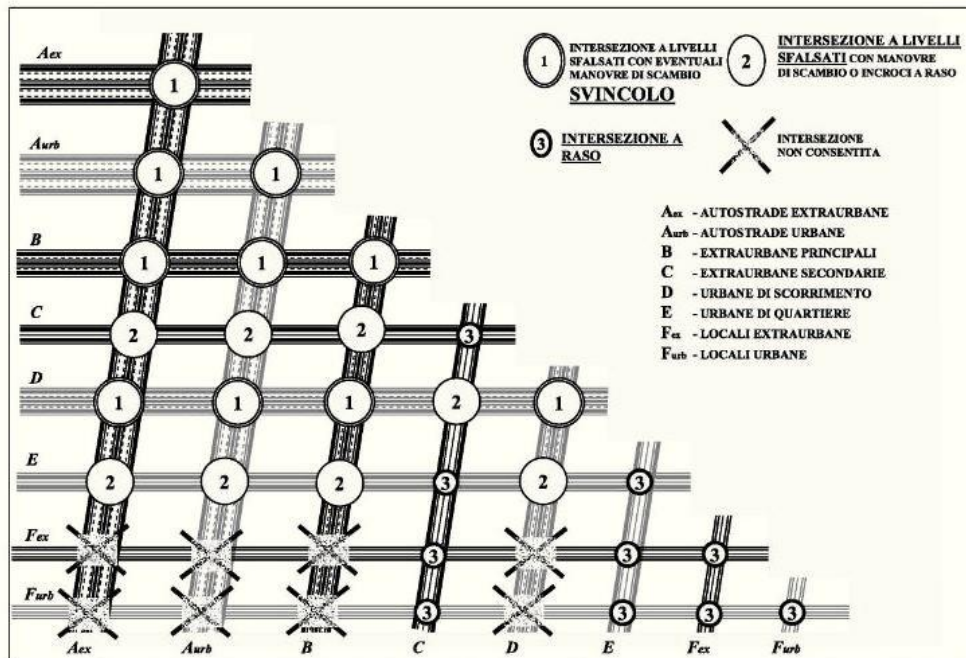


Figura 3 - Organizzazione delle reti stradali e definizioni delle intersezioni ammesse (come livelli minimi).

La modalità di illuminare gli svincoli stradali 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).

La norma, che si basa sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115:2010 e sui principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona della strada in relazione alla categoria illuminotecnica individuata dalla norma stessa.

Lo scopo è quello di contribuire, per quanto di competenza dell'impianto di illuminazione, alla sicurezza degli utenti della strada, alla sicurezza pubblica e al buon smaltimento del traffico.

Con questi riferimenti, vengono forniti gli elementi per selezionare le zone di studio, individuare le categorie illuminotecniche e le caratteristiche per definire le procedure di calcolo e di verifica, nonché, in particolare, per fornire i criteri decisionali sull'opportunità di illuminare una strada.



L'applicazione della norma prevede una procedura di analisi dei rischi, con la quale individuare la configurazione di impianto che garantisca la massima efficacia di contributo alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne e soprattutto permetta il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale.

Ciò premesso gli interventi in oggetto prevedono, in relazione al collegamento stradale tra la S.S. N°11 "PADANA SUPERIORE" a Magenta e la tangenziale ovest di Milano (tratta C ALBAIRATE-OZZERO), l'illuminazione delle corsie d'entrata (d'immissione) e di uscita (di diversione) degli svincoli 10, 11 NORD, 11 SUD, 39 e H e delle intersezioni a rotatoria presenti agli svincoli 12, 13, 15 e 16.

Sono previste forniture in bassa tensione per ciascuna delle aree di svincolo interessate.

La progettazione ha recepito le indicazioni contenute nella nota ANAS CDG-0155210-P del 26/11/2014 "Standardizzazione degli impianti tecnologici, contenimento e monitoraggio dei relativi consumi energetici" e quanto previsto nella legge regionale n. 31 del 05/10/2015 della Regione Lombardia "Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso".

### 3.2 GENERALITÀ

Di seguito vengono riportate le scelte progettuali seguite nella redazione del progetto illuminotecnico per gli impianti di illuminazione degli svincoli oggetto di intervento.

Per ogni area sono evidenziati i requisiti illuminotecnici con l'identificazione delle categorie illuminotecniche di progetto conseguenti all'analisi dei rischi.

Ai fini illuminotecnici le intersezioni stradali possono essere divise in:

- Intersezioni lineari a raso; -
- Intersezioni a livelli sfalsati; -
- Intersezioni a rotatoria.

Inoltre, sempre dal punto di vista illuminotecnico, una intersezione stradale può essere considerata un insieme di zone di conflitto, identificabili come:

- Zone di intersezione e attraversamento;
- Zone di diversione o uscita;
- Zone di immissione.

Gli svincoli oggetto del presente intervento, presentano intersezioni sia a livelli raso che sfalsati ed intersezioni a rotatoria, così come di seguito descritto.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nella Relazione di calcolo allegata.

### 3.3 ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI LINEARI A RASO ED A ROTATORIA

#### 3.3.1 IDENTIFICAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI INGRESSO

##### 3.3.1.1 GENERALITÀ

Le aree di svincolo oggetto di studio, comprese le intersezioni a rotatoria presenti, rientrano in questa tipologia di intersezione.

In generale, gli elementi che compongono l'intersezione lineare a raso o a livelli sfalsati, così come pure per le intersezioni a rotatoria, per le loro caratteristiche geometriche e funzionali, possono essere illuminati applicando le categorie illuminotecniche della serie C, indicate nella norma UNI EN 13201-2 del 2016.

##### 3.3.1.2 IDENTIFICAZIONE DELLE ZONE DI STUDIO

Le zone di studio vengono individuate come esplicitato nell'appendice A della norma UNI 11248 del 2016.

In dettaglio, si considerano quali zone oggetto di intervento della tratta interessata (TRATTA C: ALBAIRATE-OZZERO):

- le zone di immissione e di uscita degli svincoli 10, 11 NORD, 11 SUD, 39, H;
- le intersezioni a rotatoria presenti agli svincoli 12, 13, 15 e 16;

Il prospetto 1 della norma UNI 11248:2016 di seguito riportato, 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 di tipo "C", per cui la categoria illuminotecnica di ingresso associata è M2, come di seguito evidenziato.

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h <sup>-1</sup> ]	categoria illuminotecnica di ingresso
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

### 3.3.1.3 STRADE DI ACCESSO NON ILLUMINATE

Con riferimento al prospetto 6 della norma UNI 11248, riportato di seguito, nel caso di zone di studio facenti parte di una strada non illuminata, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari alla maggiore tra categorie illuminotecniche di ingresso previste per le strade di accesso se venissero illuminate.

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} \leq Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 \geq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4

Nota Per il valore di  $Q_0$  vedere punto 13 e l'appendice B.

Prospetto 6 – UNI 11248:2016

In questo caso, essendo le strade di accesso di categoria M2 e il valore  $Q_0$  (Coefficiente medio di luminanza) pari a  $0,07 \text{ sr}^{-1}$  (classe C2 per le pavimentazioni di asfalto), così come indicato nel prospetto B.1 della UNI 11248:2016 di seguito riportato, la categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi deve essere pari a C2.

Classe	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità
C1	Vedere prospetto C.2	0,10	0,24	$S_t \leq 0,4$
C2	Vedere prospetto C.3	0,07	0,97	$S_t > 0,4$

Prospetto B.1 – UNI 11248:2016

### 3.3.1.4 INTERSEZIONI A ROTATORIA CON RAMI DI APPROCCIO ILLUMINATI

Facendo sempre riferimento ai prospetti sopra riportati al par. A.3.1.3 della norma UNI 11248, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere di un livello superiore alla maggiore tra quelle previste per i rami di approccio: nel caso in esame, le rotatorie presentano rami di approccio con categoria di ingresso C2, quindi, si impone per le rotatorie una categoria di ingresso C1.

### 3.3.2 IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

Le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio vengono calcolate attraverso un'analisi dei rischi, così come descritto nel cap. 8 della norma UNI 11248:2016. L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza, di seguito esplicitati, al fine di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscono la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando, allo stesso tempo, i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

I parametri di influenza si distinguono tra quelli costanti nel lungo periodo (prospetto 2), in base ai quali si determina la categoria di progetto, e quelli variabili nel tempo (prospetto 3), che determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto.

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1

Prospetto 2 – UNI 11248:2016

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

Prospetto 3 – UNI 11248:2016

In aggiunta a questi, l'utilizzo di apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori  $Ra \geq 60$  e rapporto scotopico-fotopico  $S/P \geq 1,10$ , consente, nell'analisi dei rischi, un valore massimo di riduzione pari a 1.

Nel presente progetto, l'utilizzo di apparecchi a LED ad alta efficienza consente la riduzione di 1 categoria illuminotecnica, mentre il contributo degli altri parametri di influenza costanti si è valutato come segue:

Parametro di influenza	Valore di riduzione assegnato
Complessità del campo visivo normale	0,2
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	0
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	0,2
Segnaletica stradale attiva	0,2
Assenza di pericolo di aggressione	0

Da questa valutazione, sommando i vari contributi, si ottiene un valore di riduzione complessivo pari a 1,6 e quindi, la riduzione di 1 categoria illuminotecnica da quelle di ingresso (C2 per le corsie e C1 per le rotatorie) a quelle di progetto (C3 per le corsie e C2 per le rotatorie).

### 3.3.3 IDENTIFICAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI ESERCIZIO

Coerentemente con quanto detto nel paragrafo precedente, si è effettuata una valutazione dei parametri di influenza variabili nel tempo, giungendo alla seguente conclusione:

Parametro di influenza	Valore di riduzione assegnato
Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio	0,4
Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio	0,2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	0

Per quanto sopra esposto, in relazione al valore ottenuto pari a 0,6, non è stato possibile ottenere la riduzione ulteriore di 1 categoria illuminotecnica rispetto a quelle di progetto, che, conseguentemente, rimarranno C3 per le corsie e C2 per le rotatorie.

Per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, per i rami non illuminati di approccio alle rotatorie, si è realizzata un'illuminazione decrescente tra la zona illuminata e quella completamente buia, per una lunghezza non minore dello spazio percorso in 3 s alla massima velocità prevista di percorrenza dell'intersezione. Nel nostro caso considerando una velocità massima di 90km/h lo spazio suddetto sarà di circa 75m.



In conclusione, facendo riferimento al prospetto 2 della UNI EN 13201-2:2016 sotto riportato, i valori da rispettare per le categorie illuminotecniche di progetto indicate sono:

Categoria C3:

- (Illuminamento medio) = 15 lx;
- $U_0$  (Uniformità generale) = 0.40.

Categoria C2:

- (Illuminamento medio) = 20 lx;
- $U_0$  (Uniformità generale) = 0.40.

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$\bar{E}$ [minimo mantenuto] Lx	$U_0$ [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

### 3.3.4 CALCOLO ILLUMINOTECNICO

La simulazione di calcolo illuminotecnico è stata effettuata per uno scenario di traffico pari al 100% della portata di servizio, a cui corrispondono le categorie illuminotecniche C3 per le corsie e C2 per le rotonde. Per garantire tali valori, sono state adottate le seguenti scelte progettuali:

- Lampade a LED da 99 W (12920 lm) poste su pali di  $h_{ft} = 9$  m, con sbraccio di 2,5 m ed installazione su entrambi i lati alternata con interdistanza di 50m e/o 60m per l'illuminazione delle carreggiate.
- Lampade a LED da 143 W (18650 lm) poste su pali di  $h_{ft} = 9$  m, con sbraccio di 2,5 m per l'illuminazione delle rotonde.

## 4 PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

### 4.1 DATI DI PROGETTO

#### 4.1.1 CARATTERISTICHE DELL'ALIMENTAZIONE

L'energia viene fornita, attraverso nove distinte forniture in bassa tensione, ai nuovi quadri elettrici, ubicati in ogni area di svincolo, aventi le seguenti caratteristiche:

- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 230/400 V • Impianto tipo TT
  - Potenza impegnata:
    - SVINCOLO n.10 (Stazione F.S. Cascina Bruciata - S.S.n.494): 6,97kW
    - SVINCOLO n.11 nord (S.P.n.494 - località Soria Vecchia): 1,33kW
    - SVINCOLO n.11 sud (S.P.n.494 - località Soria Vecchia): 5,1kW
    - SVINCOLO n.12 (S.S.n.526): 1,92kW
    - SVINCOLO n.13 (Abbiategrasso Sud - S.P.n.494): 1,36kW
    - SVINCOLO n.15 (S.P.n.494 - località Soria Vecchia): 1,6kW
    - SVINCOLO n.16 (Rotatoria accesso stazione FS Cascina Bruciata): 1,10kW
    - SVINCOLO n.39 (S.P.n.494 - località Soria Vecchia): 0,6kW
    - SVINCOLO H: 1,24 kW

#### 4.1.2 NATURA DEI CARICHI

I carichi elettrici sono costituiti principalmente dalle lampade a LED, la cui potenza singola, considerando anche il driver, è indicata negli elaborati grafici e nella relazione di calcolo.

#### 4.1.3 CONDIZIONI AMBIENTALI

Le opere sono realizzate in esterno.

### 4.2 IMPIANTO ELETTRICO – SCELTE PROGETTUALI

#### 4.2.1 SUDDIVISIONE DELL'IMPIANTO

Il numero ed il tipo dei circuiti necessari sono stati determinati sulla base dei seguenti punti:

- punti di consumo dell'energia richiesta;
- carico prevedibile nei diversi circuiti;
- natura dei carichi da alimentare;
- evitare pericoli e ridurre inconvenienti in caso di guasto;
- facilitare le ispezioni, le prove e la manutenzione in condizioni di sicurezza;
- selettività di intervento delle protezioni.
- sezionamento di parti di impianto in modo tale da garantire, per brevi periodi, l'illuminazione anche ad un livello degradato (ad esempio in casi particolari si illuminano solo alcune zone).

## 4.2.2 SEZIONE DEI CONDUTTORI

La sezione dei conduttori è determinata in funzione:

- della loro massima temperatura di servizio;
- della caduta di tensione ammissibile;
- delle sollecitazioni elettromeccaniche alle quali i conduttori possono venire sottoposti;
- del valore massimo dell'impedenza che permetta di assicurare il funzionamento della protezione contro i cortocircuiti;
- della minima sezione commerciale disponibile.

### 4.2.2.1 PORTATA DEI CAVI

La portata dei cavi è determinata considerando una temperatura ambiente di 30° nel caso di posa in tubazioni o cassette, mentre nel caso di cavi posati interrati la temperatura del terreno considerata è di 20°C.

Per i cavi isolati in PVC, la temperatura massima consentita è di 70°C, mentre per i cavi isolati in EPR la temperatura massima consentita è stata di 90°C.

Per il calcolo della sezione del conduttore si è determinata la corrente di impiego  $I_B$  che il cavo deve portare e da confronto con la portata effettiva  $I_z$  del cavo stesso, ottenuta moltiplicando la portata nominale del cavo  $I'_z$  per un coefficiente correttivo  $k_{tot}$  derivante da:

- tipo di installazione;
- influenza dei circuiti vicini;
- numero di strati;
- temperatura ambiente.

imponendo:

$$I_B = I'_z * k_{tot}$$

si è assunto:

$$I_B \leq I_z$$

### 4.2.2.2 CADUTA DI TENSIONE AMMISSIBILE

La caduta di tensione è limitata entro il 4% anche se le armature a LED accettano cadute di tensioni superiori.

Il valore della caduta di tensione [V] è determinato mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k * I_B * L * (r * \cos\phi + x * \sin\phi)$$

ed in percentuale

$$\Delta U\% = \Delta U / U_n * 100$$

dove:

- $I_{B^*}$  è la corrente d'impiego nel conduttore [A];
- $k$  è un fattore di tensione pari a 2 nei sistemi monofase e bifase e  $\sqrt{3}$  nei sistemi trifase;
- $L$  è la lunghezza del conduttore [km];
- $r$  è la resistenza del conduttore [Ohm/km];
- $x$  è la reattanza del conduttore [Ohm/km];
- $U_n$  è la tensione nominale dell'impianto [V];
- $\cos\phi$  è il fattore di potenza del carico.

#### 4.2.2.3 SEZIONI MINIME DEI CONDUTTORI

- La sezione di fase minima dei circuiti in c.a. è impostata a:
  - 2,5 mm<sup>2</sup> per cavi in Cu di circuiti di potenza;
  - 0,5 mm<sup>2</sup> per cavi in Cu di circuiti di comando e di segnalazione;
  - Il conduttore di neutro presenta la stessa sezione dei conduttori di fase.

### 4.2.3 TIPI DI CONDUTTURE E RELATIVI MODI DI POSA

#### 4.2.3.1 SCELTA DEL TIPO DI CONDUTTURA E DI POSA

La scelta del tipo di conduttura e di posa è stata determinata da:

- natura dei luoghi;
- dalla possibilità che le condutture siano accessibili a persone e ad animali;
- dalla tensione di impiego;
- dalle sollecitazioni termiche ed elettromeccaniche che si possono produrre in caso di cortocircuito;
- dalle altre sollecitazioni alle quali le condutture possano prevedibilmente venire sottoposte durante la realizzazione dell'impianto elettrico o in servizio;
- dalla facilità di realizzazione;

#### 4.2.3.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione sono determinate in base alla loro funzione, nello specifico:

- protezione dalle sovracorrenti (sovraccarichi, cortocircuiti);
- protezioni dalle correnti di guasto a terra;
- protezione dalle sovratensioni;
- protezione dagli abbassamenti o dalla mancanza di tensione;
- protezione dai contatti indiretti.

#### 4.2.3.3 INDIPENDENZA DELL'IMPIANTO ELETTRICO

L'impianto elettrico è progettato in modo da escludere influenze mutue dannose tra lo stesso e le altre tipologie di impianto esistenti.

#### 4.2.3.4 ACCESSIBILITÀ DEI COMPONENTI ELETTRICI

I componenti elettrici sono previsti in posizioni tali da rendere agevole la loro installazione iniziale e la successiva eventuale sostituzione, nonché per permettere l'accessibilità per ragioni di funzionamento, verifica, manutenzione o riparazione.

#### 4.2.3.5 SCELTA DEI COMPONENTI ELETTRICI

I componenti elettrici indicati nella relazione di calcolo elettrico sono stati scelti in funzione:

- del valore efficace della tensione al quale essi sono alimentati nell'esercizio ordinario;
- del valore efficace della corrente che devono portare nell'esercizio ordinario e dell'eventuale corrente che li può percorrere in regime perturbato per periodi di tempo determinati dalle caratteristiche dei dispositivi di protezione;
- della frequenza nominale dell'energia fornita;
- delle condizioni di installazione;
- della compatibilità con gli altri componenti elettrici;
- della prevenzione da effetti dannosi quali fattore di potenza, correnti di spunto, carichi asimmetrici, armoniche.

Tutte le apparecchiature indicate portano il marchio CE e IMQ, ove previsto. Il grado di protezione dei componenti è adeguato all'ambiente d'installazione.

#### 4.2.3.6 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione è realizzata adottando i seguenti accorgimenti:

- Tutti i proiettori previsti negli svincoli sono in Classe II (doppio isolamento) e, pertanto, non è prevista la messa a terra;
- Conduttori di protezione di adeguata sezione a tutte le utenze elettriche non previste in classe II;
- protezioni differenziali a media ed alta sensibilità.

#### 4.2.3.7 PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una linea è installato, a monte della stessa, un organo di protezione di caratteristiche tali da soddisfare e seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 * I_z$$

dove:

- $I_b$  corrente di impiego
- $I_n$  corrente nominale della protezione
- $I_z$  portata della linea nelle determinate condizioni di posa
- $I_f$  corrente convenzionale di funzionamento

Le protezioni rispettano il legame tra  $I_f$  ed  $I_n$  stabilito dalle Norme CEI 17-5 e 23-3.



#### 4.2.3.8 PROTEZIONE CONTRO I CORTO CIRCUITI

I dispositivi di protezione nei quadri e sulle apparecchiature hanno potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presente nel punto ove è installato il dispositivo.

È eseguita la verifica termica dei conduttori nelle condizioni di corto circuito, secondo quanto stabilito dalla Norma CEI 64-8.

#### 4.2.3.9 PROTEZIONE CONTRO LE USTIONI

Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano sono tali da non raggiungere le temperature indicate nella seguente tabella.

Parti accessibili	Materiale delle parti accessibili	Temperatura massima [°C]
Organi di comando da impugnare	Metallico	55
	Non metallico	65
Parti previste per essere toccate durante il funzionamento ordinario, ma che non necessitano di essere impugnature	Metallico	70
	Non metallico	80
Parti che non necessitano di essere toccate durante il funzionamento ordinario	Metallico	80
	Non metallico	90

### 4.3 DISTRIBUZIONE ELETTRICA SVINCOLI

Il progetto prevede la realizzazione di nove impianti elettrici distinti a servizio dell'illuminazione degli svincoli oggetto di questo intervento.

Le caratteristiche elettriche degli impianti d'illuminazione sono essenzialmente:

- Tensioni nominali di alimentazione: 400 V concatenate e 230 V stellate
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50 Hz.
- Distribuzione delle alimentazioni: monofase
- Tipo di distribuzione: in derivazione
- Caduta di tensione massima: 4%
- Fattore di potenza: 0,9

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica, il progetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati costituiti da tubazione in PVC serie pesante, diametro 110 mm, doppia parete del tipo corrugato, da posizionarsi su scavi a sezione obbligata realizzati con mezzi meccanici.

Al fine di permettere un corretto infilaggio dei cavi elettrici, le tubazioni saranno intercettate da pozzetti in CLS prefabbricati con chiusini carrabili.

### 4.4 RELAZIONE DI CALCOLO

Per la relazione di calcolo elettrico fare riferimento all'elaborato M003.

## 5 SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE

### 5.1 GENERALITÀ

Questo capitolo, a completamento degli elaborati grafici riportati, descrive:

- le soluzioni tecniche adottate
- la tipologia dei materiali utilizzati
- le lavorazioni da eseguire
- le norme esecutive per la realizzazione e/o la messa in opera dei materiali

### 5.2 SOSTEGNI

#### 5.2.1 TIPOLOGIA

I pali utilizzati per il sostegno dei corpi illuminanti sono di altezza totale pari a 9,80 m ( $h_{ft} = 9,00$  m).

I pali 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 in alluminio.

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.

#### 5.2.2 BASAMENTI:

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

I basamenti sono del tipo prefabbricato in CLS vibrato con resistenza caratteristica non inferiore a  $R_{ck} = 40$  N/mm<sup>2</sup>, della dimensione di 106x78x85 cm.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale. Nel plinto dovranno essere ricavati:

- Un pozzetto ispezionabile di dim. 40x40x40 cm, 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.

### 5.2.3 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.

Così come specificato negli elaborati grafici, il palo è orientato in modo tale che l'asse di simmetria longitudinale del corpo illuminante che sostiene sia inclinato di 15° rispetto all'asse della corsia ad esso adiacente.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza minima di 2,3 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 si faccia riferimento alla apposita tavola grafica allegata.

Le quota di installazione dei corpi illuminanti dello svincolo, delle rotatorie e dei relativi bracci di accesso è pari a 9,00m dal piano stradale.

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

## 5.3 APPARECCHI ILLUMINANTI

### 5.3.1 TIPOLOGIA APPARECCHI

La scelta di utilizzare apparecchi a LED è in linea con l'attuale stato dell'arte che 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 sovradimensionare l'impianto rispettando i limiti minimi imposti dalla norma UNI 11248.

L'impianto è comandato da un quadro elettrico per il quale è previsto:

- un interruttore generale di tipo magnetotermico;
- uno scaricatore di sovratensione SPD di tipo 1;
- varie linee di alimentazione (dorsali), protette da interruttori magnetotermico-differenziali, dalla quale si dipartono le linee di "alimentazione della singola armatura stradale" dispiegate in campo e protette singolarmente da un fusibile posto alla base del palo.
- le linee di alimentazione (dorsali) sono sezionate da un contattore comandato da sensore crepuscolare ad infrarosso ed orologio programmabile.
- una linea "ausiliari" alla quale è collegata l'alimentazione del sensore crepuscolare ad infrarosso, i contattori, l'orologio ed eventuali futuri dispositivi di misura e/o controllo protetta da interruttore magnetotermico-differenziale,

È possibile ottenere analoghi risultati illuminotecnici con modelli di armature LED differenti effettuando una nuova verifica illuminotecnica ed eventualmente, in caso di potenze differenti, un nuovo calcolo dell'impianto elettrico.

### 5.3.2 MONTAGGIO

Tutti i corpi illuminanti sono montati con asse fotometrico principale inclinato di 15° rispetto al piano stradale.

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

## 5.4 CAVIDOTTI

### 5.4.1 TIPO DI POSA

In considerazione di criteri di sicurezza, requisiti estetici, requisiti funzionali, la distribuzione è realizzata completamente in cavidotto interrato dedicato ed in conformità con le norme CEI 11-17.

I cavidotti sono costituiti con i singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari a flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna. Nei principali cambi di direzione sono previsti appositi pozzetti (per l'esatto posizionamento si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati).

Le canalizzazioni interrate per il contenimento e la protezione delle linee sono realizzate esclusivamente con cavidotto flessibile a doppia parete (liscio all'interno, corrugato all'esterno), serie pesante, in polietilene ad alta densità, conforme alla Norma C 68 – 171, corredato di guida tirafilo e manicotto di congiunzione per l'idoneo accoppiamento, avente diametro nominale 110 mm.

All'interno dei pozzetti, l'imbocco delle canalizzazioni è debitamente stuccato con malta cementizia.

La profondità di posa minima dei cavidotti dal piano di calpestio è di norma:

- pari a cm 60 in sede non stradale
- maggiore di cm 100, estradosso tubo, in sede stradale.

È cura della direzione lavori verificare che i cavidotti siano posizionati ad adeguata distanza da eventuali apparati radicali degli alberi.

### 5.4.2 POZZETTI

In corrispondenza dei centri luminosi, nei nodi di derivazione, giunzioni e nei cambi di direzione, sono installati pozzetti prefabbricati in calcestruzzo.

Non sono previsti pozzetti di derivazione costruiti sul posto e realizzati con dime.

I pozzetti sono dotati di chiusini con carrabilità B125. Il chiusino è completo di dicitura "Impianti elettrici" o analoga concordata con la DL.

Per il drenaggio delle acque di possibile infiltrazione, i pozzetti prefabbricati hanno il fondo completamente aperto sono posati su letto di ghiaia costipata dello spessore min. di cm 10.

Il controtelaio ed i lati dei pozzetti sono protetti e fissati attraverso uno strato di calcestruzzo dosato a q.li 2,5 di cemento per metro cubo e fissati saldamente.

I pozzetti hanno di norma le seguenti misure interne:

- Pozzetto di derivazione 40 x 40 x 40 cm,
- Pozzetto rompitratta 40 x 40 x 40 cm

I pozzetti di derivazione sono di norma collocati davanti al palo, ben allineati, con la battuta del chiusino sul telaio perfettamente combaciante per non creare rumorosità indesiderate. I pozzetti rompitratta sono invece collocati in corrispondenza degli attraversamenti e lungo le canalizzazioni ad un passo di circa 50 m.

Il cavidotto non potrà mai entrare nel pozzetto dal fondo dello stesso, ma solo lateralmente e ben stuccato con malta cementizia.

## 5.5 LINEE DI ALIMENTAZIONE

### 5.5.1 MATERIALI COSTRUTTIVI

Le linee di alimentazione dorsale degli impianti di illuminazione, previste per la posa interrata ed entro pali metallici, supporti e/o sbracci, sono realizzate con cavi del tipo multipolare, flessibile, non propaganti l'incendio, tipo FG16OR16 - 0.6/1 kV (sia per le dorsali di alimentazione che per gli stacchi in derivazione al palo), rispondenti alle norme CEI.

### 5.5.2 SEZIONI E DISTRIBUZIONE DELLE LINEE DI ALIMENTAZIONE

Per le dorsali di alimentazione è stata prevista una sezione maggiore/uguale a 4 mm<sup>2</sup> in rame.

Per le linee di alimentazione delle armature stradali si è imposta una sezione minima di 2,5 mm<sup>2</sup>. La formazione dei cavi e la sezione dei cavi, per le varie linee di alimentazione che costituiscono le dorsali, è riportata negli elaborati planimetrici e negli schemi elettrici allegati.

### 5.5.3 SFILABILITÀ DEI CAVI

È previsto che il diametro interno dei tubi protettivi sia pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 10 mm.

### 5.5.4 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.

#### 5.5.5 IDENTIFICAZIONE DEI CIRCUITI E DELLE FASI

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, contestualmente alla posa delle linee, è previsto che ogni conduttore venga opportunamente etichettato con l'indicazione del circuito e della fase di appartenenza per mezzo di fascette in nylon. L'indicazione è prevista all'interno dei pozzetti di giunzione, sulle derivazioni del palo e sul quadro elettrico in prossimità dell'interruttore corrispondente.

#### 5.5.6 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.

### 5.6 IMPIANTO DI TERRA

Gli impianti sono realizzati in classe II e pertanto non occorre prevedere la messa a terra sia degli apparecchi illuminanti che dei pali. In prossimità di ciascuna fornitura BT deve essere installato un pozzetto di terra completo di dispersore al fine di prevedere il collegamento alla barra di terra interna a ciascun quadro elettrico.

### 5.7 QUADRI ELETTRICI

#### 5.7.1 CARATTERISTICHE

I quadri elettrici sono costruiti da componenti conformi alla norma CEI 17-13/1 e alla norma Europea EN 61439.

L'apparecchiatura è fornita con i dati di identificazione, i dati di targa e le istruzioni per l'installazione previsti dalle norme, nonché con lo schema elettrico.

## 6 ILLUMINAZIONE STRADALE – STRADA 1 CARREGGIATA LARGA FINO A 7,5M

### 6.1 CARATTERISTICHE STRADALI

- tipo: strada extraurbana secondaria categoria "C2"
- velocità di progetto: 70-90 km/h
- manto stradale: Cr (Q0 = 0,07)

### 6.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RACCOMANDATE PER L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- Categoria illuminotecnica di esercizio 'C3'
- Illuminamento medio: 16,47 lx
- illuminamento minimo: 9,34 lx
- illuminamento massimo: 32,1 lx
- U0: 0.57
- valore max indice abbagliamento debilitante (Ti) 10
- classe dell'apparecchio impiegato: CUT-OFF

### 6.3 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- tipo di apparecchio: armatura stradale con lampada a LED; potenza 99 W, flusso luminoso = 12920 lumen; ottica asimmetrica;
- sostegno palo in acciaio zincato a sezione conica; altezza fuori terra 9,0 m (altezza totale palo 9,8 mt);
- inclinazione braccio-apparecchio: 15°;
- interdistanza media apparecchi: 30 m;
- installazione apparecchio: a testa palo;
- tipo di installazione bilaterale sul lato esterno della carreggiata.

## 7 ILLUMINAZIONE STRADALE – STRADA 2 CARREGGIATA LARGA FINO A 15M

### 7.1 CARATTERISTICHE STRADALI

- tipo: strada extraurbana secondaria categoria "C2"
- velocità di progetto: 70-90 km/h
- manto stradale: Cr (Q0 = 0,07)

### 7.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RACCOMANDATE PER L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- Categoria illuminotecnica di esercizio 'C3'
- Illuminamento medio: 17,46 lx
- illuminamento minimo: 9,94 lx
- illuminamento massimo: 33,7 lx
- U0: 0,57
- valore max indice abbagliamento debilitante (Ti) 10
- classe dell'apparecchio impiegato: CUT-OFF

### 7.3 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- tipo di apparecchio: armatura stradale con lampada a LED; potenza 99 W, flusso luminoso = 12920 lumen; ottica asimmetrica;
- sostegno palo in acciaio zincato a sezione conica; altezza fuori terra 9,0 m (altezza totale palo 9,8 mt);
- inclinazione braccio-apparecchio: 15°;
- interdistanza media apparecchi: 25 m;
- installazione apparecchio: a testa palo;
- tipo di installazione bilaterale sul lato esterno della carreggiata.

## 8 ILLUMINAZIONE STRADALE – ROTATORIA 2 PALI

### 8.1 CARATTERISTICHE STRADALI

- tipo: strada extraurbana secondaria categoria "C2"
- velocità di progetto: 70-90 km/h
- manto stradale: Cr (Q0 = 0,07)

### 8.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RACCOMANDATE PER L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- Categoria illuminotecnica di esercizio 'C2'
- Illuminamento medio: 24 lx
- illuminamento minimo: 13,5 lx
- illuminamento massimo: 43,6 lx
- U0: 0,56
- valore max indice abbagliamento debilitante (Ti) 10
- classe dell'apparecchio impiegato: CUT-OFF

### 8.3 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- tipo di apparecchio: armatura stradale con lampada a LED; potenza 143 W, flusso luminoso = 18650 lumen; ottica asimmetrica;
- sostegno palo in acciaio zincato a sezione conica; altezza fuori terra 9,0 m (altezza totale palo 9,8 mt);
- inclinazione braccio-apparecchio: 15°;
- installazione apparecchio: a testa palo;
- tipo di installazione: unilaterale sul lato esterno della carreggiata.

## 9 ILLUMINAZIONE STRADALE – ROTATORIE 3 PALI

### 9.1 CARATTERISTICHE STRADALI

- tipo: strada extraurbana secondaria categoria "C2"
- velocità di progetto: 70-90 km/h
- manto stradale: Cr (Q0 = 0,07)

### 9.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RACCOMANDATE PER L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- Categoria illuminotecnica di esercizio 'C2'
- Illuminamento medio: 20,2 lx
- illuminamento minimo: 9,22 lx
- illuminamento massimo: 39,4 lx
- U0: 0.46
- valore max indice abbagliamento debilitante (Ti) 10
- classe dell'apparecchio impiegato: CUT-OFF

### 9.3 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- tipo di apparecchio: armatura stradale con lampada a LED; potenza 143 W, flusso luminoso = 18650 lumen; ottica asimmetrica;
- sostegno palo in acciaio zincato a sezione conica; altezza fuori terra 9,0 m (altezza totale palo 9,8 mt);
- inclinazione braccio-apparecchio: 15°;
- installazione apparecchio: a testa palo;
- tipo di installazione: unilaterale sul lato esterno della carreggiata.



## 10 ILLUMINAZIONE STRADALE – ROTATORIE 4 PALI

### 10.1 CARATTERISTICHE STRADALI

- tipo: strada extraurbana secondaria categoria "C2"
- velocità di progetto: 70-90 km/h
- manto stradale: Cr (Q0 = 0,07)

### 10.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RACCOMANDATE PER L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- Categoria illuminotecnica di esercizio 'C2'
- Illuminamento medio: 24 lx
- illuminamento minimo: 14,9 lx
- illuminamento massimo: 42,6 lx
- U0: 0.62
- valore max indice abbagliamento debilitante (Ti) 10
- classe dell'apparecchio impiegato: CUT-OFF

### 10.3 CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- tipo di apparecchio: armatura stradale con lampada a LED; potenza 143 W, flusso luminoso = 18650 lumen; ottica asimmetrica;
- sostegno palo in acciaio zincato a sezione conica; altezza fuori terra 9,0 m (altezza totale palo 9,8 mt);
- inclinazione braccio-apparecchio: 15°;
- installazione apparecchio: a testa palo;
- tipo di installazione: unilaterale sul lato esterno della carreggiata.

## 11 CARATTERISTICHE APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE IMPIEGATI

### 11.1 CARATTERISTICHE ARMATURE STRADALI:

- corpo in alluminio pressofuso
- riflettore: ottica antinquinamento luminoso in alluminio
- vetro: Temperato resistente agli shock termici e agli urti
- morsettiera 2P con massima sezione dei conduttori ammessa 2.5 mm<sup>2</sup>
- normativa: norme EN60598-1 CEI 34-21
- grado di protezione IP66
- classe di isolamento II
- ottica antinquinamento luminoso
- lampade a LED da 99/143 W.
- Flusso luminoso 12920/18650 lumen

Per ciascun palo è previsto un plinto di fondazione realizzato in calcestruzzo.