

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B0800060009

PROGETTO DEFINITIVO

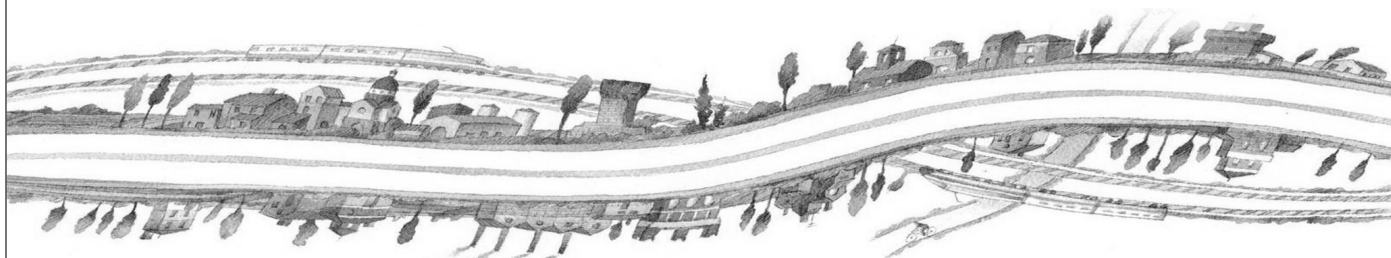
ASSE AUTOSTRADALE

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' INTERFERITA

V35 - CAVALCAVIA SP 6 BONDENO CENTO

RELAZIONE ILLUMINOTECNICA



IL PROGETTISTA

Ing. Antonio De Fazio
Albo Ingegneri Prov. BO n° 3696/A



RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE	FRASSINETI	DE FAZIO	SALSI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

DATA: **MAGGIO 2012**

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
1937	PD	0	V35	VCS35	0	SD	RH	02	A

SCALA: -

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	4
3. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE STRADALE	6
3.1. PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE.....	6
3.2. CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE.....	13
3.3. CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E DELLE ROTATORIE	16
4. DATI DI CALCOLO ILLUMINAZIONE	17
4.1. CAVALCAVIA BONDENO CENTO - ROTATORIA E INCROCIO	17
5. ALLEGATO CALCOLI ILLUMINOTECNICI	18

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo illuminotecnico ha per oggetto la descrizione dei dati tecnici e delle procedure di esecuzione calcoli illuminotecnici relativi alla viabilità di adduzione Cavalcavia Bondeno Cento (V35) nell'ambito dell'autostrada regionale Cispadana.

Le tipologie impiantistiche, ed i relativi requisiti funzionali, sono state adottate sia nel rispetto delle normative vigenti sia a seguito della necessità di collocare le componenti d'impianto in modo da rispettare la realtà architettonica e funzionali dell'area interessata all'intervento sia rispettando le specifiche tecniche costruttive degli enti distributivi e delle prescrizioni derivate dai vari enti locali.

L'obiettivo principale per il quale si dimensiona l'impianto di illuminazione è quello di assicurare a chiunque vi transiti, durante le ore serali e notturne, un'adeguata performance e comfort visivo, nonché un senso di sicurezza. Ciò si ottiene, quando l'illuminazione rende possibile al conducente di un'autovettura una corretta verifica del tracciato che si appresta a percorrere ed una veloce identificazione di eventuali pericoli od ostacoli che dovessero trovarsi lungo il percorso con particolare riferimento agli attraversamenti pedonali e/o alle aree di passaggio.

Inoltre, sempre dal punto di vista illuminotecnico, una intersezione stradale e/o un raccordo tra due strade può essere considerata un insieme di zone di conflitto, identificabili come:

- zone di intersezione o attraversamento;
- zone di diversione o uscita;
- zone di immissione.

Le caratteristiche fotometriche considerate importanti in un impianto di illuminazione pubblica sono le seguenti:

- livello di illuminamento sulla strada;
- uniformità nella distribuzione dell'illuminamento sulla strada;
- controllo dell'abbagliamento;
- resa di colore adeguata.

Tali caratteristiche dipendono, tra l'altro, anche dal flusso di traffico previsto nella strada da calcolare. Per rispettare quanto sopra descritto l'impianto di illuminazione previsto fornirà obbligatoriamente le seguenti prestazioni:

- illuminare il piano stradale con un adeguato livello di illuminamento e di uniformità;
- la luce possederà un angolo di incidenza rispetto al piano di visuale del conducente tale da fornire una elevata visibilità del tracciato;
- utilizzo di corpi illuminanti adeguati con lampade aventi una resa di colore adeguata in base all'area presa in oggetto e con ottiche CUT-OFF tali da rispettare le prescrizioni della normativa UNI 10819 e leggi regionali riguardanti la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.

Il presente documento descrive la metodologia di dimensionamento seguita nella progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione. In particolare si evidenzia che:

- i calcoli allegati sono sviluppati con programmi software dedicati, i quali utilizzano armature illuminanti delle principali ditte fornitrici, universalmente riconosciuti di elevata affidabilità e debitamente validati;
- i criteri di calcolo di seguito riportati, dovranno essere utilizzati anche per la progettazione esecutiva.

Le indicazioni di tipi e marche commerciali dei materiali nel presente documento e negli altri elaborati di progetto, sono da intendersi come dichiarazione di caratteristiche tecniche. L'Appaltatore dovrà, prima di fornire ciascun equipaggiamento, garantire la corrispondenza meccanica ed elettrica dei materiali previsti. Sono ammessi altri tipi e marche, rispetto a quanto indicato a progetto, purché equivalenti, su dimostrazione scritta del fornitore e approvati dalla D.L.

È quindi completa responsabilità dell'Appaltatore la scelta dei singoli componenti e sarà a suo carico la sostituzione di eventuali componenti non appropriati. Prodotti non in commercio al momento dell'Appalto potranno essere sostituiti con altri di caratteristiche equivalenti, previa approvazione della D.L..

La sezione di incastro dei pali metallici con formazione di calcestruzzo non affiorante dal terreno, dovrà essere protetta adeguatamente dalla corrosione mediante una fascia catramata e ricoperte di un collare in cls. L'altezza minima sulla carreggiata di una qualsiasi parte di impianto deve essere almeno di 6 m. Altezze minori possono essere adottate in casi particolari, previo autorizzazione del proprietario della strada. I pali distano dalla banchina non meno di 2,1 m dal guardrail.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO IMPIANTO ILLUMINAZIONE

- Norme UNI EN 40 “Pali per illuminazione pubblica”;
- Norme UNI EN 1317 “Barriere di sicurezza stradali”;
- Norma UNI EN ISO 1461 “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio – Specificazioni e metodi di prova”;
- Norma UNI EN 10025 “Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura”;
- Norma UNI 10671 “Apparecchi di illuminazione – Misurazione dei dati fotometrici e presentazione dei risultati”;
- Norma UNI 10819 “Luce e illuminazione: impianti di illuminazione esterna – requisiti per la limitazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso”;
- Norma UNI EN 12665 “Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements” [Luce e illuminazione – Criteri e termini base per specificare i requisiti di illuminazione];
- Norma UNI 11248 “Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche”;
- Norma UNI EN 13201-1 “Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes” [Illuminazione stradale – Parte 1: Scelta delle classi di illuminazione];
- Norma UNI EN 13201-2 “Road lighting – Part 2: Performance requirements” [Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali];
- Norma UNI EN 13201-3 “Road lighting – Part 3: Calculation of performance” [Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni];
- Norma UNI EN 13201-4 “Road lighting – Part 4: Methods of measuring lighting performance” [Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche];
- Norma UNI EN 13032-2 “Light and lighting – Measurements and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places” [Luce e illuminazione – Illustrazione e misure dei dati fotometrici di lampade e luminarie – Parte 2: Illustrazione dei dati per ambienti di lavoro interni ed esterni];
- Pubblicazione CIE 17.4:1987 “International vocabulary for lighting” [Vocabolario internazionale di illuminazione];
- Pubblicazione CIE TC 4.21:1997 “Guidelines for minimizing sky glow” [Linee guida per la limitazione della luminosità del cielo];
- Pubblicazione CIE 112:1994 “Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting” [Sistema di valutazione della luce dispersa per uso entro aree esterne e sportive];
- Pubblicazione CIE 115:1995 “Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic” [Raccomandazioni per l’illuminazione di strade a traffico motorizzato e pedonale];

- Pubblicazione CIE 129:1998 "Guide for lighting exterior work areas" [Guida per l'illuminazione esterna di aree di lavoro];
- Pubblicazione CIE 136:2000 "Guide to the lighting of urban areas" [Guida per l'illuminazione delle aree urbane];
- Pubblicazione CIE 140:2000 "Road lighting calculations" [Calcoli per illuminazione stradale];
- Pubblicazione CIE 150:2003 "Guide on the limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installations" [Guida per la limitazione degli effetti della luce dispersa dagli impianti di illuminazione esterna];
- Pubblicazione CIE 154:2003 "Maintenance of outdoor lighting systems" [Manutenzione degli impianti di illuminazione esterna];
- Norma Europea CEI EN 12464-2 "Lighting of work places – Part 2:Outdoor work places" [Illuminazione degli ambienti di lavoro – parte 2: ambienti esterni];
- CIE 88/90 "Guide for the lighting of the road tunnels".
- Prescrizioni ANAS e/o comunali.
- Norme I.E.C. (Commissione Elettrotecnica Internazionale).
- Tabelle di unificazioni UNEL.
- Norme C.E.I. (Comitato Elettrotecnico Italiano).
- Leggi regionali che definiscono i limiti di inquinamento luminoso con particolare riferimento alla Legge Regionale Emilia Romagna n. 19 del 29-09-2003 e successive integrazioni;
- Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n. 2263 del 29 Dicembre 2005 - Direttiva per l'applicazione della Legge regionale del 29 settembre 2003 n. 19 recante: "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico";

3. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE STRADALE

3.1. PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE

A. Considerazioni generali sulle Norme UNI EN 11248

Le recenti Norme UNI 11248 (ottobre 2007) forniscono le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione in una data zona della strada, identificata e definita in modo esaustivo nelle Norme UNI 13201-2 mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica. Le Norme si basano, nei loro principi fondamentali, sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici previsti nel rapporto tecnico CEN/TER 13201-1.

A tal fine introducono il concetto di parametro di influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista.

Le Norme UNI 11248 individuano le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti della strada ed in particolare:

- indicano come classificare una zona esterna destinata al traffico ai fini della determinazione della categoria che le compete;
- forniscono la procedura per la selezione nella categoria illuminotecnica che compete alla zona classificata;
- identificano gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale ed attraverso la valutazione dei rischi, permette il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale;
- forniscono prescrizioni sulle griglie di calcolo per gli algoritmi delle Norme UNI EN 13201-3 e le misurazioni in loco tratte dalle Norme UNI EN 13201-4.

I parametri individuati nelle presenti Norme consentono di identificare una categoria illuminotecnica conoscendo:

- la classe della strada nella zona di studio
- la geometria della zona di studio
- l'utilizzazione della zona di studio
- l'influenza dell'ambiente circostante

Inoltre consentono di adottare le condizioni di illuminazione più idonee, in base allo stato attuale delle conoscenze, perseguendo anche un uso razionale dell'energia e con il contenimento del flusso luminoso disperso.

B. Criteria di individuazione delle categorie illuminotecniche

Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento

- suddividere la strada in una o più zone di strada con condizioni omogenee dei pari parametri di influenza;
- per ogni zona di studio identificare il tipo di strada;
- nota del tipo di strada individuabile con l'ausilio del prospetto 1 (UNI 11248) la categoria illuminotecnica di riferimento.

Definizione della categoria illuminotecnica di progetto

Nota la categoria illuminotecnica di riferimento, valutare i parametri di influenza nel prospetto 2 (UNI 11248) secondo quanto indicato nel punto 7 (analisi dei rischi) e, considerando anche gli aspetti del contenimento dei consumi energetici, decidere se considerare la categoria illuminotecnica di riferimento con quella di progetto o modificarla, seguendo le indicazioni informative dei vari prospetti.

Definizione della categoria illuminotecnica di esercizio

In base alle considerazioni esposte dal punto 7 (analisi dei rischi) e gli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, in traduzione, se necessario, una o più categorie illuminotecniche d'esercizio, specificando chiaramente le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

Il progettista, nell'analisi del rischio, può decidere di non definire la categoria illuminotecnica di riferimento e determinando direttamente la categoria illuminotecnica di progetto. Per la valutazione dei parametri di influenza ancora seguire le prescrizioni del punto 7 e per la suddivisione in zone di studio ancora attenersi ai criteri esplicitati al punto 8.

L'adozione di impianti con le caratteristiche variabili (variazione del flusso luminoso emesso) purché nel rispetto dei requisiti previsti dalla categoria illuminotecnica d'esercizio corrispondente, può rappresentare una soluzione per assicurare condizioni di risparmio energetico nell'esercizio e di contenimento del flusso luminoso emesso verso l'alto.

I valori dei parametri illuminotecnici specifici per ogni categoria sono intesi come minimi mantenibili durante tutto il periodo di vita utile dell'impianto di illuminazione.

In conseguenza, per la luminanza e l'illuminamento, i valori iniziali di progetto misurabili per un impianto di illuminazione dovranno essere più elevati di quelli specificati per tenere conto, per esempio del deperimento delle lampade, della tolleranza di fabbricazione e dell'incertezza sui valori di coefficiente di luminanza "r", della pavimentazione stradale e dell'incertezza di misura in fase di verifica e di collaudo.

C. Classificazione delle strade ed individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento

Prospetto 1

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km h-1]	Categoria illuminotecnica di riferimento
A₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1
	Autostrade urbane	130	
A₂	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	ME3a
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	ME3a
	Strade di servizio alle autostrade principali	70 - 90	ME4a
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ⁴⁾)	70 - 90	ME3a
	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME3a
D	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a
		50	
E	Strade urbane interquartiere	50	ME3c
	Strade urbane di quartiere	50	
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ⁴⁾)	70 - 90	ME3a
	Strade locali extraurbane	50	ME3c
		30	ME3a
	Strade locali urbane (tipi F1 e F2 ⁴⁾)	50	ME4b
	Strade locali urbane: centri storici; isole ambientali; zone 30	30	S3
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	ME4b
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE4
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	CE5 / S3
50			
Strade locali interzonali	50	CE5 / S3	
	30		
	Piste ciclabili ⁵⁾	Non dichiarato	S3
	Strade a destinazione particolare ⁶⁾	30	

4) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

5) Decreto Ministeriale 30 novembre 1999 n° 557 del Ministero dei Lavori Pubblici

6) Secondo l'Art. 3.5 del Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

Prestazioni richieste in base alla categoria illuminotecnica di riferimento (Norme UNI EN 13201-2 integrata con prescrizioni Norme UNI 11248)

Categorie illuminotecniche ME:

Classe	Luminanza della carreggiata	Uniformità		Contrasto di soglia	Illuminamento aree circostanti
	L [cd/m^2]	U_o	U_L	$TI\%$	SR
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,4	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	N.R.

Dove:

L	Valore della luminanza del manto stradale ed espresso in cd/m^2
U_o	Rapporto tra la luminanza minima e luminanza media
U_L	Valore minimo dell'uniformità longitudinale delle corsie di marcia della carreggiata
$TI\%$	Misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale
SR	Rapporto tra l'illuminamento medio sulla fascia appena fuori dei bordi della carreggiata e l'illuminamento medio sulle fasce appena all'interno dei bordi

Categorie illuminotecniche CE:

Classe	Illuminazione orizzontale	Uniformità	Contrasto di soglia
	\bar{E} [lx]	U_o	$TI\%$
CE0	50	0,4	10
CE1	30	0,4	10
CE2	20	0,4	10
CE3	15	0,4	15
CE4	10	0,4	15
CE5	7,5	0,4	15

Categorie illuminotecniche S:

Classe	Illuminazione orizzontale		Contrasto di soglia
	\bar{E} [lx]	E_{min}	Tl%
S1	15	5	15
S2	10	3	15
S3	7,5	1,5	15
S4	5	1	20
S5	3	0,6	20
S6	2	0,6	20
S7	prestazioni non determinate		

Sommario dei requisiti illuminotecnici secondo EN 13201-1

	Classe illuminotecnica	Parametro di riferimento	Utilizzo prevalente
1.	ME	Luminanza	Carreggiata stradale con prevalente traffico motorizzato a fondo prevalentemente asciutto
2.	MEW	Luminanza	Carreggiata stradale con prevalente traffico motorizzato a fondo prevalentemente bagnato
3.	CE	Illuminamento orizzontale	Aree di conflitto come strade commerciali, incroci, rotonde, sottopassaggi, ecc.
4.	S	Illuminamento orizzontale	Strade pedonali, piste ciclabili, campi scuola, parcheggi
5.	ES	Illuminamento semicilindrico	Classe aggiuntiva per aumentare il senso di sicurezza e ridurre la propensione all'aggressione
6.	EV	Illuminamento verticale	Classe aggiuntiva per facilitare la percezione di piani verticali come passaggi pedonali da utilizzare congiuntamente alle altre classi di base

Prospetto 2: Parametri di influenza considerati per le categorie illuminotecniche di riferimento di cui al prospetto 1

Tipo di strada	Parametro di influenza												
	Flusso di traffico	Complessità del campo visivo	Zona di conflitto	Dispositivi rallentatori	Indice di rischio di aggressione	Pendenza media	Indice di livello luminoso dell'ambiente	Pedoni					
A ₁	Massimo	Elevata	-	-	-	-	-	-					
A ₂		Normale	Assente										
B													
C													
D		-	Assenti						Normale				
E		Normale	-						-	-	-	-	-
F													
Piste Ciclabili	-	-	-	-	-	<=2%	Ambiente normale	Non ammessi					

Prospetto 3: Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza

Parametri di influenza		Variazione categoria Illuminotecnica	Non si applica
Compito visivo normale		- 1	A ₁
Condizioni non conflittuali			
Flusso di traffico < 50% rispetto al massimo			
Flusso di traffico < 25% rispetto al massimo		- 2	
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali		- 1	
Colore della luce	Con indice di resa dei colori maggiore o uguale a 60 si può ridurre la categoria illuminotecnica	-1 (*)	-
	Con indice di resa dei colori minore di 30 si deve incrementare la categoria illuminotecnica	+1	
Pericolo di aggressione		+1	
Presenza di svincoli e/o intersezioni a raso			
Prossimità di passaggi pedonali			
Prossimità di dispositivi rallentatori			

(*) – In relazione a esigenze di visione periferica verificate nell'analisi dei rischi

Prospetto 6: Comparazione di categorie illuminotecniche

CATEGORIA ILLUMINOTECNICA								
	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6		
CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6

D. Livelli di prestazione visiva

In linea esemplificativa si riporta la tabella comparativa dove si evince l'equilibrio tra i diversi requisiti dei parametri illuminotecnici:

COORDINAMENTO DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE VISIVA						
1. Luminanza		ME1	ME2	ME3	ME4	ME5
2. Luminanza		MEW1	MEW2	MEW3	MEW4	MEW5
3. E. orizzontali	CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5
4. E. orizzontali				S1	S2	S3
5. E. semicilindrici	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6
6. E. verticali	EV1-2	EV3	EV4	EV5		

3.2. CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

I caratteri dei parametri dell'illuminazione delle strade con traffico motorizzato sono ottemperate dalla Norme UNI 11248 che determinano:

- valori d'illuminamento delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- valori di uniformità delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- valori dell'abbagliamento debilitante (fattore TI%) in funzione alle loro caratteristiche d'uso.

Gli adeguamenti e potenziamenti degli impianti d'illuminazione saranno progettati al fine di rispondere alle prescrizioni tecniche delle Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale", Norme CEI 64-8 - Sez. 714 "Impianti di illuminazione situati all'esterno", realizzando e superando i valori minimi sanciti dalle seguenti Norme, prendendo in esame gli aspetti principali della visione notturna su strade con traffico veicolare e più precisamente:

A. Indice di abbagliamento debilitante

L'abbagliamento d'incapacità (TI%): è un indice che esprime l'impossibilità di percepire un ostacolo generato dal fastidio visivo vero e proprio dei corpi illuminanti.

Questa incapacità dipende dal "velo" di luminanza creata dall'interno dell'occhio dall'eccessiva intensità luminosa ammessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

TI è un'espressione dell'abbagliamento che considera sia le caratteristiche dei corpi illuminanti che i parametri dell'installazione, tanto sarà più elevato l'indice TI tanta sarà l'incapacità di percepire un ostacolo in sicurezza.

In linea generale le nuove raccomandazioni internazionali raccomandano i seguenti limiti per TI:

- $TI \leq 10\%$ per strade con velocità superiore a 70 Km/h
- $TI \leq 15\%$ per strade secondarie

Quindi l'occhio reagisce lentamente e con fatica in presenza di scarsi livelli di luminosità, per migliorare queste caratteristiche, l'illuminazione artificiale notturna deve creare un ambiente confortevole con un'illuminazione uniforme ed evitare fenomeni perturbati.

Il fenomeno della visione nella pubblica illuminazione deve prendere dunque in considerazione i principali parametri legati alla vista ed in particolare:

- acuità visiva: ossia la capacità di una persona di vedere distintamente un ostacolo di dimensioni definite, maggiore e l'acuità visiva della persona e minori saranno le dimensioni dell'ostacolo che riuscirà a vedere.
- sensibilità di contrasto: ossia la possibilità di distinguere un eventuale ostacolo grazie allo scarto di luminanza esistente tra oggetto (ostacolo) e il fondo (strada). Generalmente la percezione è dovuta ad un contrasto negativo in cui l'ostacolo è visto in controluce su fondo illuminato.

- **abbagliamento:** provocato dagli apparecchi d'illuminazione, dall'ambiente circostante, dal riflesso del manto stradale e chiaramente dai proiettori delle vetture circolanti in senso inverso.
- **visibilità:** o meglio l'indice di visibilità, ossia la capacità di individuare un ostacolo.

Analizzando quindi questi fenomeni è stato possibile stabilire quali sono i parametri corretti per una buona installazione e come sia insufficiente parlare solo di illuminamento sulla sede stradale, senza considerare tutti gli altri aspetti che non sono correttamente utilizzati verificando anche un buon livello d'illuminamento.

B. Visione nella Pubblica illuminazione

La sicurezza della circolazione automobilistica dipende in modo sostanziale dalla qualità della rete viabile e dai veicoli circolanti e durante le ore notturne un aspetto fondamentale nella sicurezza è rappresentato dalla qualità degli impianti di Pubblica illuminazione.

Un impianto d'illuminazione è considerato valido quando questo consente di avere una rapida percezione visiva delle caratteristiche nel contesto stradale e degli ostacoli eventualmente presenti sulla carreggiata, per una distanza pari a quella d'arresto del veicolo.

A seguito della velocità di marcia lo spazio di arresto (considerato come arresto d'emergenza in presenza di un ostacolo improvviso) può risultare molto superiore allo spazio illuminato con i soli fari delle vetture.

È chiaro che nelle ore notturne interagiscono altri elementi quali fatica, eventuali stati di eccitazione ecc., ma resta comunque determinante il fattore della visibilità e specificatamente la stessa Commissione C.I.E. esaminando alcuni tratti di strada, confrontando il tasso di incidenti prima e dopo la realizzazione di un buon impianto d'illuminazione, da questo confronto risulta una riduzione media del 43% degli incidenti che avvengono nelle ore notturne con una diminuzione media del 37% del numero dei morti.

Risulta evidente che le caratteristiche dell'impianto d'illuminazione devono essere tali da consentire all'occhio umano una corretta visione e vanno realizzati in funzione delle caratteristiche fisiche proprie dell'occhio nella visione notturna dell'automobilista:

- quantità e qualità della luce (luminanza e uniformità)
- percezione degli ostacoli (acuità visiva e sensibilità ai contrasti)
- perturbazione della visione (abbagliamento molesto e di incapacità)

Questi fenomeni sono strettamente correlati tra loro in quanto la variazione di un singolo fenomeno comporta un adattamento automatico dell'occhio alle mutate condizioni di variabilità.

Le raccomandazioni internazionali e le Norme UNI 11248, relative alla Pubblica illuminazione, stabiliscono i parametri di riferimento in modo tale da contenere l'adattamento dell'occhio umano entro i limiti idonei alle differenti condizioni di guida.

Quindi i progetti esecutivi dovranno essere sviluppati secondo quanto raccomandato dalle Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale" è necessario:

- adottare apparecchi illuminanti con ottiche "cut-off" al fine di evitare qualsiasi abbagliamento e con ottiche in grado di limitare la diffusione del flusso luminoso verso l'alto secondo l'Art. 6 della Legge 17/2000 e s.m.i. della Regione Lombardia;
- ricercare una buona uniformità al fine di evitare ed individuare eventuali ostacoli;

- conservare nel tempo i parametri d'illuminamento iniziali consentendo di mantenere inalterati i valori d'illuminamento e quindi la sicurezza.

C. Illuminazione Pubblica al servizio del pedone

L'illuminazione dei passaggi pedonali é sicuramente uno dei punti critici della pubblica illuminazione e come tale deve essere trattato con ancora maggiore accuratezza per due motivi:

- i rischi di probabile incidente in questa zona sono superiori al normale in quanto in condizioni di scarsa visibilità risulta difficile sia l'individuazione del pedone da parte dell'automobilista che la percezione della velocità e della distanza del veicolo da parte del pedone
- le conseguenze di questi incidenti sono sempre gravi, e spesso letali, per la persona a piedi con un grosso impatto, anche emotivo, sulla pubblica opinione

Per garantire una corretta illuminazione é necessario conseguire il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

Dal punto di vista dell'automobilista:

- Consentire la percezione a distanza di avvicinamento ad una zona a rischio
- Capacità di percepire, in tempo utile per fermarsi, la presenza di un passante
- Evitare fenomeni di abbagliamento che riducono le prestazioni visive.

Dal punto di vista del pedone:

- Permettere la percezione di un automezzo in arrivo
- Valutare distanza e velocità
- Vedere in maniera chiara l'attraversamento in modo da valutarne il tempo di attraversamento ed accedervi senza rischi

Per soddisfare le suddette condizioni é opportuno rifarsi a quanto detto in precedenza relativamente ai requisiti di un impianto di pubblica illuminazione e, data la pericolosità della zona in oggetto, rispondere come minimo ai requisiti richiesti per una strada con categoria assegnata e cioè:

Uniformità Generale ≥ 0.4
Abbagliamento di incapacità $TI \leq 10$
Zone laterali illuminate

Se l'impianto in cui é previsto il passaggio pedonale risponde a questi requisiti ed il passaggio stesso non é in prossimità di un incrocio, i criteri sopra menzionati sono sufficienti per una corretta illuminazione.

3.3. CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E DELLE ROTATORIE

Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento

Per la classificazione delle strade ai fini di assegnare la classe e la categoria di appartenenza si farà riferimento alle Norme UNI 11248 – parte 1 e che sono essenzialmente “strade extra-urbane secondarie” con limite di 70 - 90 km/h.

Per l'illuminazione delle rotatorie e delle intersezioni si fa riferimento all'Appendice C dalle Norme UNI 11248 ai fini di individuare la classe di appartenenza.

Descrizione	Cavalcavia Bondeno Cento Tipo di strada: C Strade extraurbane secondarie
Categoria Illuminotecnica	ME3a

Definizione della categoria illuminotecnica di progetto

Tenuto conto dei parametri di influenza nel prospetto 2 (UNI 11248) e delle indicazioni di variazione della categoria illuminotecnica in base all'analisi del rischio si ottiene:

Viabilità - Cavalcavia Bondeno Cento	
Flusso di traffico (rispetto al massimo)	100%
Zona di conflitto	Assente
Complessità campo visivo	-
Indice di resa dei colori >60	-1
Presenza di svincoli e/o intersezioni a raso	+ 1
Categoria Illuminotecnica risultante in base all'analisi del rischio	ME3a

Innesti - Intersezioni a raso alla rotatoria (di strade principali non illuminate)	CE2 (In base a Par. C.2.1.2 Appendice C UNI 11248)
Rotatoria	CE2 (In base a Par. C.2.1.2 Appendice C UNI 11248)

4. DATI DI CALCOLO ILLUMINAZIONE

4.1. CAVALCAVIA BONDENO CENTO - ROTATORIA E INCROCIO

Definizione della categoria illuminotecnica di esercizio

In base alle considerazioni sopra esposte (analisi dei rischi) e dei parametri di influenza ne deriva che:

- La strada prese in visione è di tipo "C" con categoria illuminotecnica "ME3a" con i seguenti parametri illuminotecnici:

Classe	Luminanza della carreggiata			Contrasto di soglia	Illuminamento aree circostanti
	U (cd/m ²)	U0	UL	TI%	SR
ME3a	1	0,4	0,7	15	0,5

- Per gli innesti a raso alla rotatoria è necessario realizzare i parametri illuminotecnici della categoria illuminotecnica CE2 (EN 13201) e coordinati con la categoria illuminotecnica ME3a e quindi:

Classe	Illuminamento orizzontale		Contrasto di soglia
	È / lux	Uo	TI%
CE 2	20	0,4	10

- Per la rotatoria è necessario realizzare i parametri illuminotecnici della categoria illuminotecnica CE2 (EN 13201) e coordinati con la categoria illuminotecnica ME3a e quindi:

Classe	Illuminamento orizzontale		Contrasto di soglia
	È / lux	Uo	TI%
CE 2	20	0,4	10

5. ALLEGATO CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento illuminotecnici relativi alle rotatorie e all' incrocio del CAVALCAVIA BONDENO CENTO.

Opera V35 - Incrocio

1.1 Calcolo Energetico (Suolo)

Area	1315.00 m2
Illuminamento Medio	23.42 lx
Potenza Specifica	1.03 W/m2
Potenza Specifica Illuminotecnica	4.38 W/(m2 * 100lx)
Efficienza Energetica	22.81 (m2*lx)/W
Potenza Totale Utilizzata	1350.00 W

1.2 Parametri di Qualità dell'Impianto

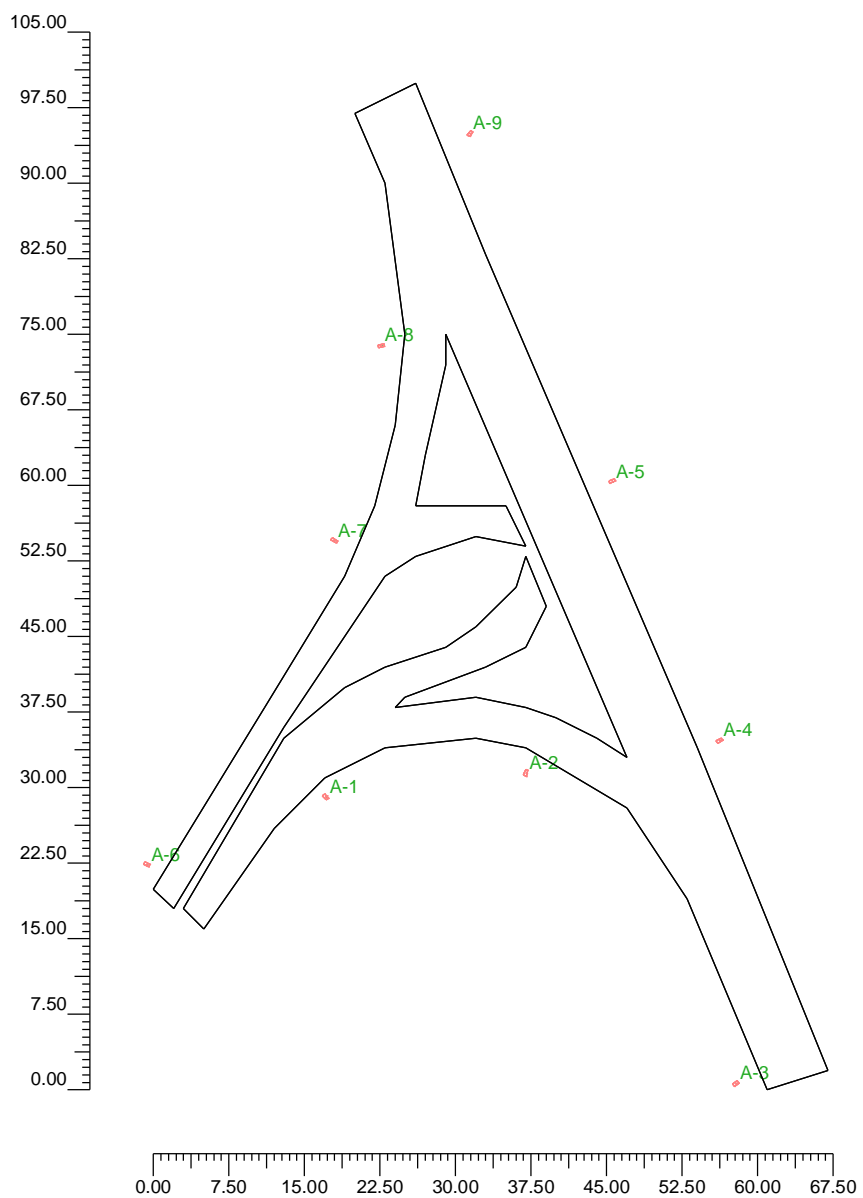
Superficie	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
Piano di Lavoro (h=0.00 m)	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	11 lux	39 lux	0.49	0.29	0.60
Suolo	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	11 lux	39 lux	0.49	0.29	0.60

Tipo Calcolo

Solo Dir.

2.1 Vista 2D in Pianta

Scala 1/750



3.1 Informazioni Apparecchi/Rilievi

Rifer.	Linea	Nome Apparecchio (Nome Rilievo)	Codice Apparecchio (Codice Rilievo)	Apparecchi N.	Rif.Lamp.	Lampade N.
A	oracle 5L	ORACLE S 150W HID 230V CL2 GL (ORACLE S 150W HID 230V CL2 GL)	ORACLE S 150W HID 23 (SYG15B-71971)	9	LMP-A	1

3.2 Informazioni Lampade

Rif.Lamp.	Tipo	Codice	Flusso [lm]	Potenza [W]	Colore [K]	N.
LMP-A	ST	SONTPLUS150	17500	150	2000	9

3.3 Tabella Riepilogativa Apparecchi

Rifer.	App.	On	Posizione Apparecchi X[m] Y[m] Z[m]	Rotazione Apparecchi X[°] Y[°] Z[°]	Codice Apparecchio	Coeff. Mant.	Codice Lampada	Flusso [lm]
A	1	X	-161.87;273.09;10.00	0.0;0.0;40.9	ORACLE S 150W HID 23	0.80	SONTPLUS150	1*17500
	2	X	-141.99;275.49;10.00	0.0;0.0;-20.9		0.80		
	3	X	-121.16;244.66;10.00	0.0;0.0;-59.1		0.80		
	4	X	-122.77;278.70;10.00	0.0;0.0;120.9		0.80		
	5	X	-133.44;304.46;10.00	0.0;0.0;112.6		0.80		
	6	X	-179.63;266.42;10.00	0.0;0.0;-118.7		0.80		
	7	X	-161.02;298.59;10.00	0.0;0.0;-118.9		0.80		
	8	X	-156.38;317.90;10.00	0.0;0.0;-81.0		0.80		
	9	X	-147.56;338.97;10.00	0.0;0.0;147.9		0.80		

3.4 Tabella Riepilogativa Puntamenti

Struttura	Fila	Colonna	Rifer. 2D	On	Posizione Apparecchi X[m] Y[m] Z[m]	Rotazione Apparecchi X[°] Y[°] Z[°]	Puntamenti X[m] Y[m] Z[m]	R.Asse [°]	Coeff. Mant.	Rifer.
			A-1	X	-161.87;273.09;10.00	0.0;0.0;40.9	-161.87;273.09;0.00	41	0.80	A
			A-2	X	-141.99;275.49;10.00	0.0;0.0;-20.9	-141.99;275.49;0.00	-111	0.80	A
			A-3	X	-121.16;244.66;10.00	0.0;0.0;-59.1	-121.16;244.66;0.00	121	0.80	A
			A-4	X	-122.77;278.70;10.00	0.0;0.0;120.9	-122.77;278.70;0.00	121	0.80	A
			A-5	X	-133.44;304.46;10.00	0.0;0.0;112.6	-133.44;304.46;0.00	23	0.80	A
			A-6	X	-179.63;266.42;10.00	0.0;0.0;-118.7	-179.63;266.42;0.00	151	0.80	A
			A-7	X	-161.02;298.59;10.00	0.0;0.0;-118.9	-161.02;298.59;0.00	-119	0.80	A
			A-8	X	-156.38;317.90;10.00	0.0;0.0;-81.0	-156.38;317.90;0.00	-81	0.80	A
			A-9	X	-147.56;338.97;10.00	0.0;0.0;147.9	-147.56;338.97;0.00	148	0.80	A

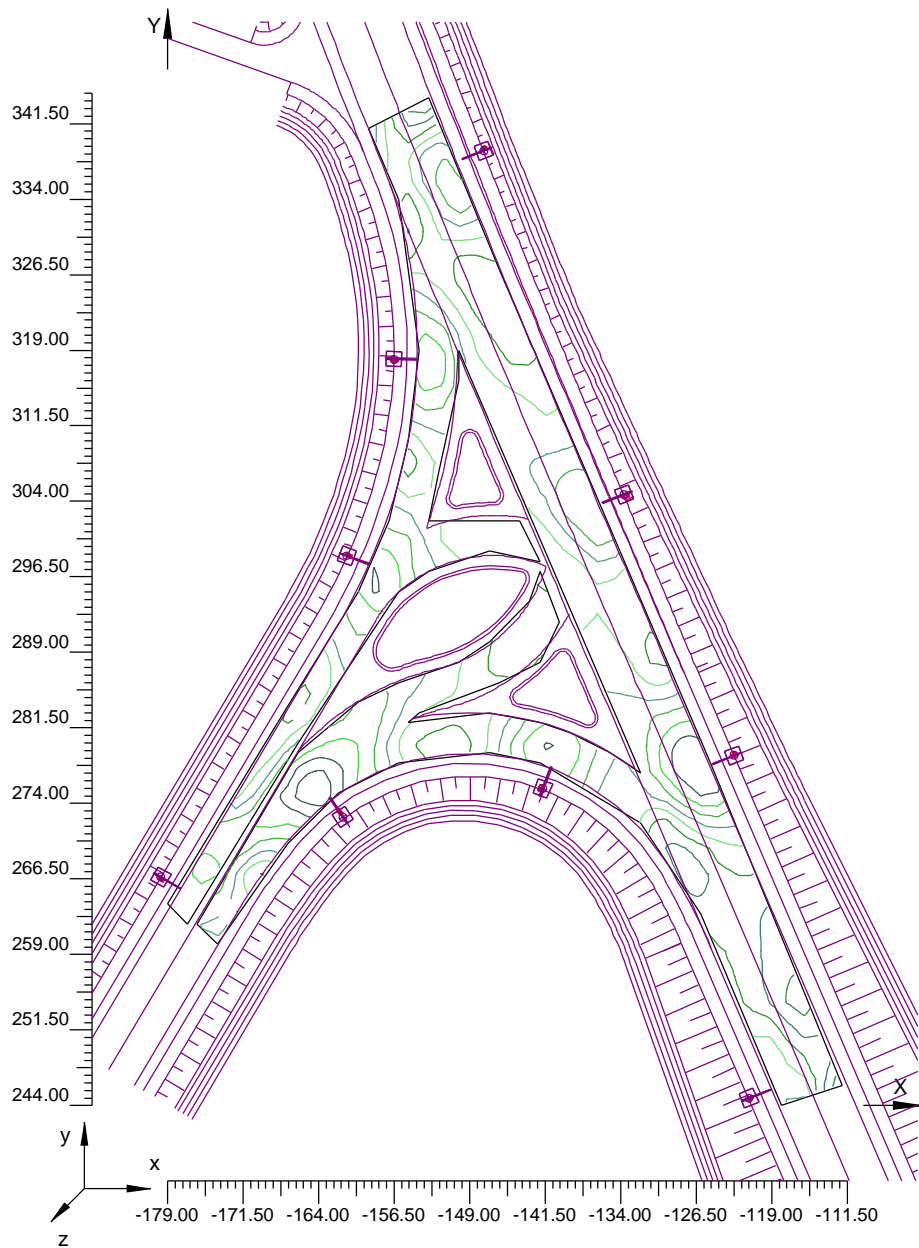
4.2 Curve Isolux su:Incrocio

O (x:-179.00 y:244.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:2.79 DY:4.17	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	11 lux	39 lux	0.49	0.29	0.60

Tipo Calcolo

Solo Dir.

Scala 1/750



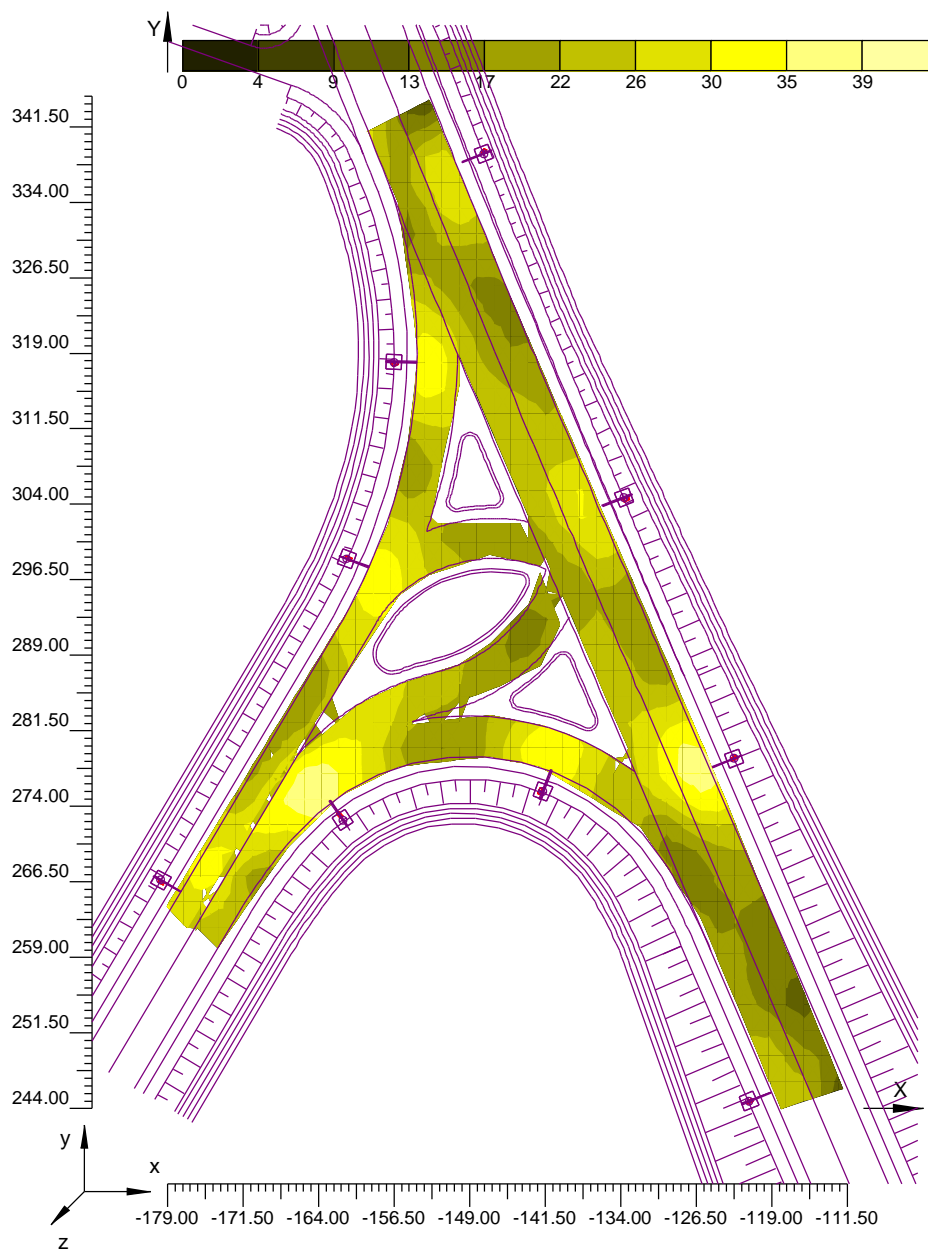
4.3 Diagramma a Spot degli Illuminamenti su:Incroccio

O (x:-179.00 y:244.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:2.79 DY:4.17	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	11 lux	39 lux	0.49	0.29	0.60

Tipo Calcolo

Solo Dir.

Scala 1/750



Opera V35 - Rotatoria A

1.1 Calcolo Energetico (Suolo)

Area	2078.50 m ²
Illuminamento Medio	23.33 lx
Potenza Specifica	1.15 W/m ²
Potenza Specifica Illuminotecnica	4.95 W/(m ² * 100lx)
Efficienza Energetica	20.20 (m ² *lx)/W
Potenza Totale Utilizzata	2400.00 W

1.2 Parametri di Qualità dell'Impianto

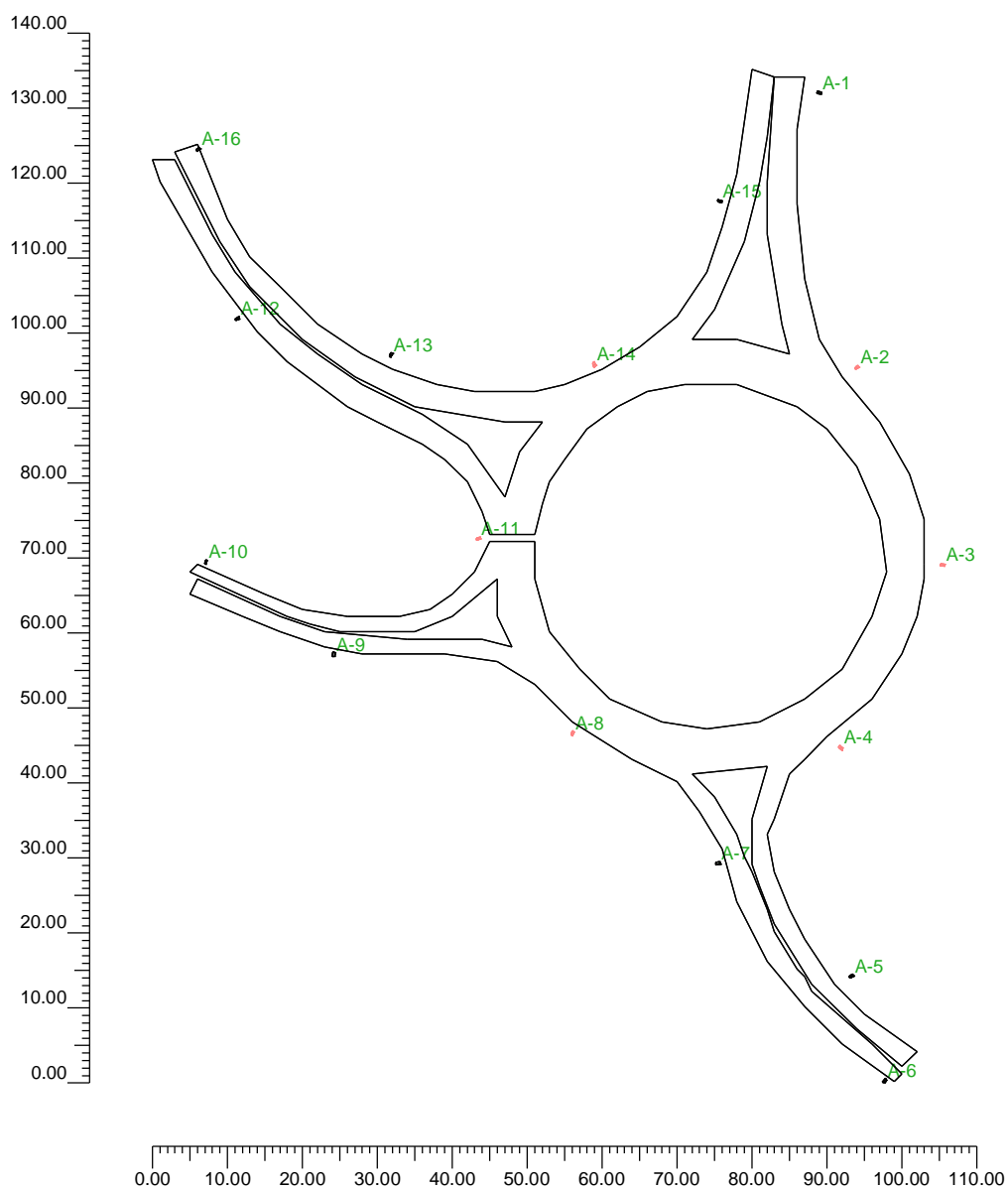
Superficie	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
Piano di Lavoro (h=0.00 m)	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	13 lux	42 lux	0.54	0.30	0.55
Suolo	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	13 lux	42 lux	0.54	0.30	0.55

Tipo Calcolo

Solo Dir.

2.1 Vista 2D in Pianta

Scala 1/1000



3.1 Informazioni Apparecchi/Rilievi

Rifer.	Linea	Nome Apparecchio (Nome Rilievo)	Codice Apparecchio (Codice Rilievo)	Apparecchi N.	Rif.Lamp.	Lampade N.
A	oracle 2L	ORACLE S 150W HID 230V CL2 GL (ORACLE S 150W HID 230V CL2 GL)	ORACLE S 150W HID 23 (SYG12B-71968)	10	LMP-A	1
B	oracle 5L	ORACLE S 150W HID 230V CL2 GL (ORACLE S 150W HID 230V CL2 GL)	ORACLE S 150W HID 23 (SYG15B-71971)	6	LMP-A	1

3.2 Informazioni Lampade

Rif.Lamp.	Tipo	Codice	Flusso [lm]	Potenza [W]	Colore [K]	N.
LMP-A	ST	SONTPLUS150	17500	150	2000	16

3.3 Tabella Riepilogativa Apparecchi

Rifer.	App.	On	Posizione Apparecchi X[m] Y[m] Z[m]	Rotazione Apparecchi X[°] Y[°] Z[°]	Codice Apparecchio	Coeff. Mant.	Codice Lampada	Flusso [lm]
A	1	X	73.97;-299.15;10.00	0.0;0.0;77.5	ORACLE S 150W HID 23	0.80	SONTPLUS150	1*17500
	2	X	78.32;-417.00;10.00	0.0;0.0;122.0		0.80		
	3	X	82.76;-430.98;10.00	0.0;0.0;-35.4		0.80		
	4	X	60.53;-401.94;10.00	0.0;0.0;-78.6		0.80		
	5	X	9.27;-374.06;10.00	0.0;0.0;-11.7		0.80		
	6	X	-7.86;-361.73;10.00	0.0;0.0;158.6		0.80		
	7	X	-3.64;-329.32;10.00	0.0;0.0;-61.8		0.80		
	8	X	16.87;-334.13;10.00	0.0;0.0;151.7		0.80		
	9	X	60.73;-313.62;10.00	0.0;0.0;-106.7		0.80		
	10	X	-8.86;-306.69;10.00	0.0;0.0;127.3		0.80		
B	1	X	79.04;-335.80;10.00	0.0;0.0;126.6	ORACLE S 150W HID 23	0.80	SONTPLUS150	1*17500
	2	X	90.51;-362.14;10.00	0.0;0.0;77.5		0.80		
	3	X	76.87;-386.52;10.00	0.0;0.0;50.9		0.80		
	4	X	41.08;-384.60;10.00	0.0;0.0;-28.7		0.80		
	5	X	28.52;-358.61;10.00	0.0;0.0;-78.6		0.80		
	6	X	43.97;-335.40;10.00	0.0;0.0;-153.3		0.80		

3.4 Tabella Riepilogativa Puntamenti

Struttura	Fila	Colonna	Rifer. 2D	On	Posizione Apparecchi X[m] Y[m] Z[m]	Rotazione Apparecchi X[°] Y[°] Z[°]	Puntamenti X[m] Y[m] Z[m]	R.Asse [°]	Coeff. Mant.	Rifer.
			A-1	X	73.97;-299.15;10.00	0.0;0.0;77.5	73.97;-299.15;0.00	77	0.80	A
			A-2	X	79.04;-335.80;10.00	0.0;0.0;126.6	79.04;-335.80;0.00	127	0.80	B
			A-3	X	90.51;-362.14;10.00	0.0;0.0;77.5	90.51;-362.14;0.00	167	0.80	B
			A-4	X	76.87;-386.52;10.00	0.0;0.0;50.9	76.87;-386.52;0.00	141	0.80	B
			A-5	X	78.32;-417.00;10.00	0.0;0.0;122.0	78.32;-417.00;0.00	122	0.80	A
			A-6	X	82.76;-430.98;10.00	0.0;0.0;-35.4	82.76;-430.98;0.00	-35	0.80	A
			A-7	X	60.53;-401.94;10.00	0.0;0.0;-78.6	60.53;-401.94;0.00	-79	0.80	A
			A-8	X	41.08;-384.60;10.00	0.0;0.0;-28.7	41.08;-384.60;0.00	-29	0.80	B
			A-9	X	9.27;-374.06;10.00	0.0;0.0;-11.7	9.27;-374.06;0.00	76	0.80	A
			A-10	X	-7.86;-361.73;10.00	0.0;0.0;158.6	-7.86;-361.73;0.00	159	0.80	A
			A-11	X	28.52;-358.61;10.00	0.0;0.0;-78.6	28.52;-358.61;0.00	-79	0.80	B
			A-12	X	-3.64;-329.32;10.00	0.0;0.0;-61.8	-3.64;-329.32;0.00	-62	0.80	A
			A-13	X	16.87;-334.13;10.00	0.0;0.0;151.7	16.87;-334.13;0.00	152	0.80	A
			A-14	X	43.97;-335.40;10.00	0.0;0.0;-153.3	43.97;-335.40;0.00	-153	0.80	B
			A-15	X	60.73;-313.62;10.00	0.0;0.0;-106.7	60.73;-313.62;0.00	-24	0.80	A
			A-16	X	-8.86;-306.69;10.00	0.0;0.0;127.3	-8.86;-306.69;0.00	127	0.80	A

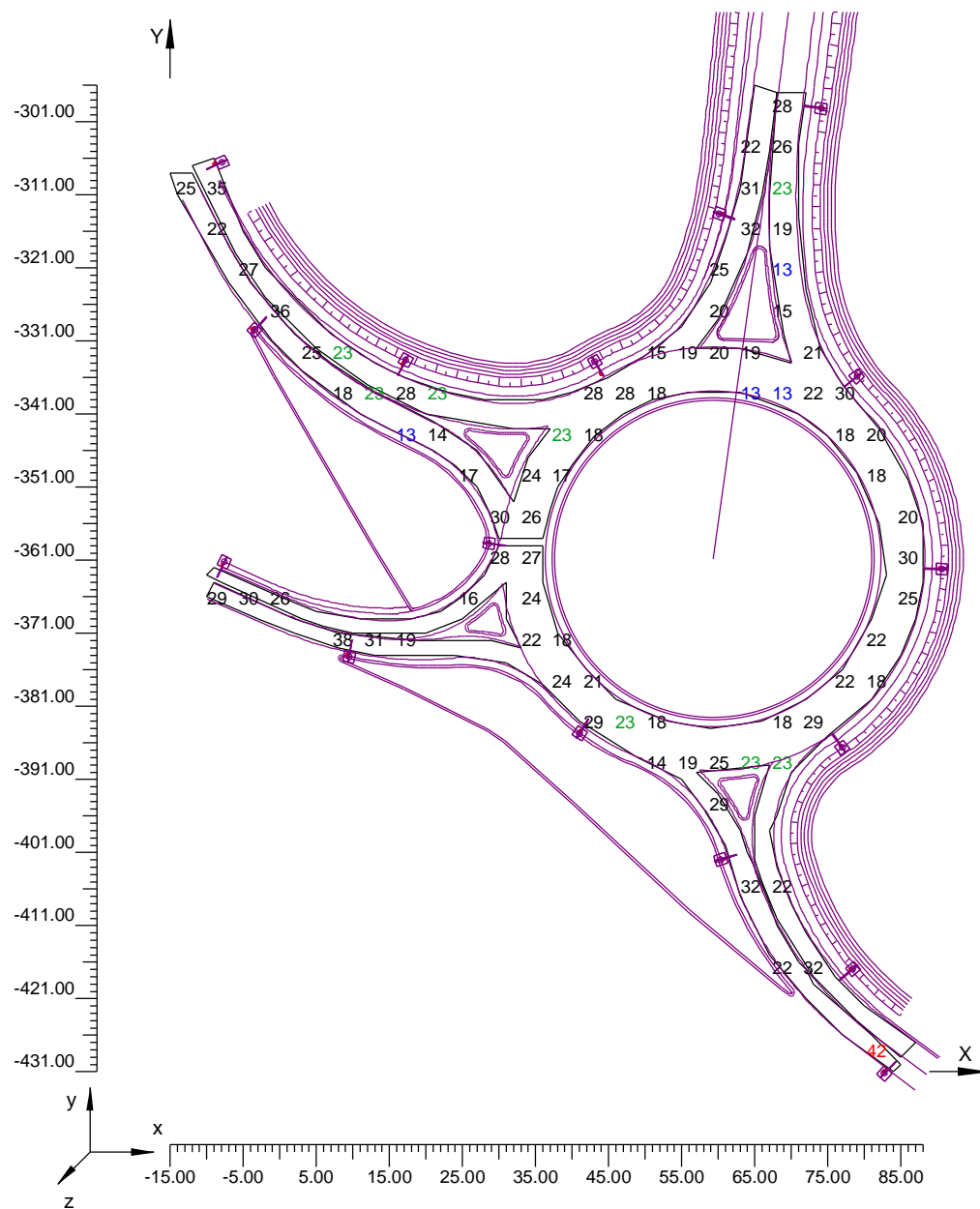
4.1 Valori di Illuminamento su:Rotatoria 1

O (x:-15.00 y:-431.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:4.29 DY:5.63	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	13 lux	42 lux	0.54	0.30	0.55

Tipo Calcolo

Solo Dir.

Scala 1/1000



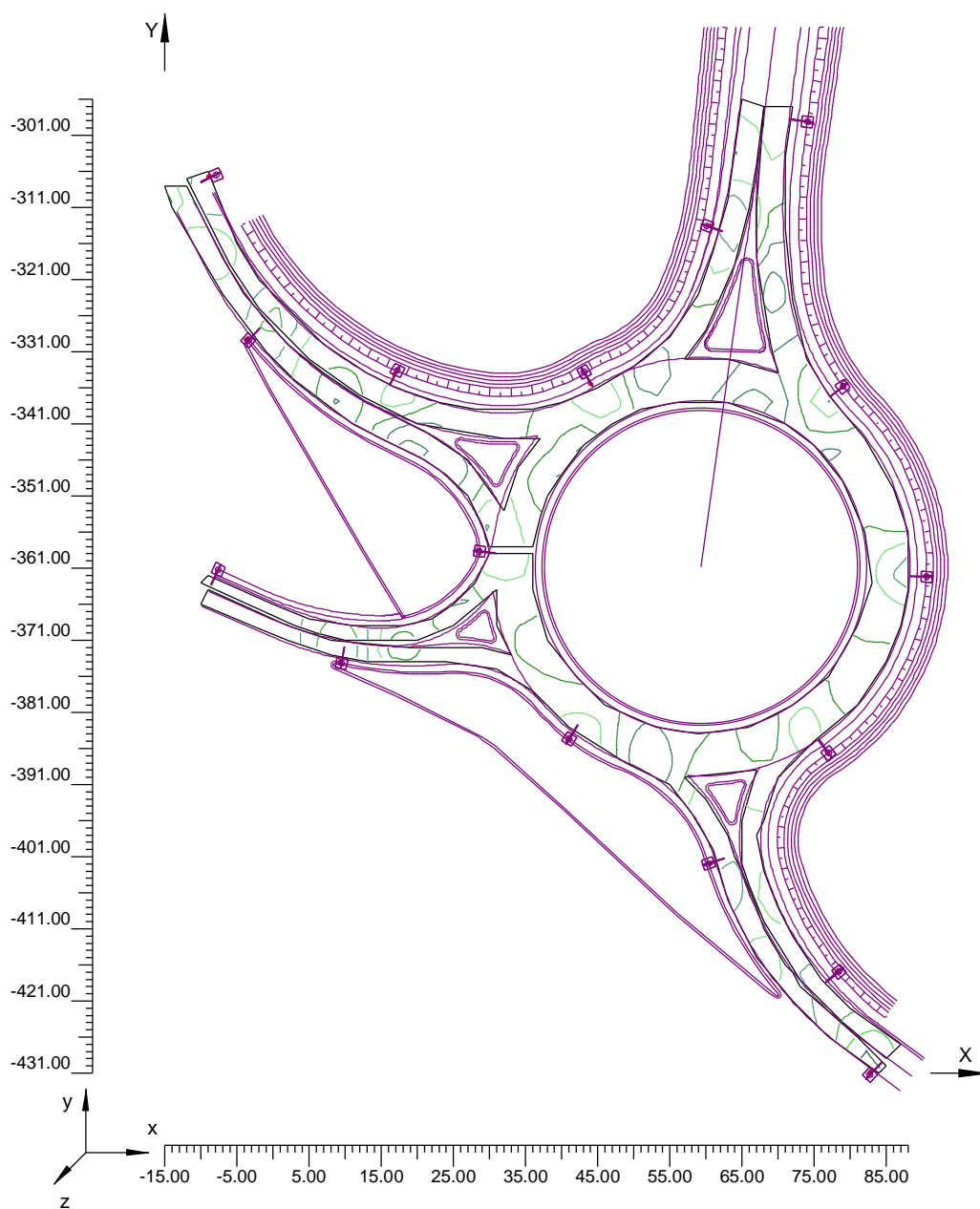
4.2 Curve Isolux su:Rotatoria 1

O (x:-15.00 y:-431.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:4.29 DY:5.63	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	13 lux	42 lux	0.54	0.30	0.55

Tipo Calcolo

Solo Dir.

Scala 1/1000



4.3 Diagramma a Spot degli Illuminamenti su:Rotatoria 1

O (x:-15.00 y:-431.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:4.29 DY:5.63	Illuminamento Orizzontale (E)	23 lux	13 lux	42 lux	0.54	0.30	0.55

Tipo Calcolo

Solo Dir.

Scala 1/1000

